

TÜRKİYE'DE MÜHENDİSLİK ALANINDA YENİ YAKLAŞIMLAR

EDİTÖR: Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI



YAZARLAR:

Doç. Dr. Ahmet FERTELLİ
Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI
Dr. Öğr. Üyesi Sinan AYDIN
Öğr. Gör. Dr. Burhan DUMAN
Öğr. Gör. Dr. Tahsin ÖZER
Arş. Gör. Dr. Bengünur ÇORAPCI
Emine Betül ŞEN

TÜRKİYE'DE MÜHENDİSLİK ALANINDA YENİ YAKLAŞIMLAR

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI

YAZARLAR

Doç. Dr. Ahmet FERTELLİ

Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI

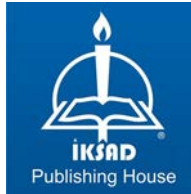
Dr. Öğr. Üyesi Sinan AYDIN

Öğr. Gör. Dr. Burhan DUMAN

Öğr. Gör. Dr. Tahsin ÖZER

Arş. Gör. Dr. Bengünur ÇORAPCI

Emine Betül ŞEN



Copyright © 2019 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
distributed, or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording, or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution Of Economic
Development And Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

kongreiksad@gmail.com

www.iksad.net

www.iksad.org.tr

www.iksadkongre.org

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2019©

ISBN: 978-605-7695-92-5

Cover Design: İbrahim Kaya

September / 2019

Ankara / Turkey

Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI

1

BÖLÜM 1

BOYAR MADDE ARITIM ALTERNATİFLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI

3 - 15

BÖLÜM 2

FARKLI KALINLIKLARDAKİ DUVARLARDA SES YALITIMININ ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Ahmet FERTELLİ
Dr. Öğr. Üyesi Sinan AYDIN

17 - 27

BÖLÜM 3

BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ BAĞLAMINDA NESNELERİN İNTERNETİ

Öğr. Gör. Dr. Burhan DUMAN
Emine Betül ŞEN

29- 64

BÖLÜM 4

NANOPARTİKÜLLERİN PÜRÜZLÜ YÜZEYLERDE YAPIŞMA MUKAVEMETİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Sinan AYDIN
Doç. Dr. Ahmet FERTELLİ

65 - 77

BÖLÜM 5

SbTeI BİLEŞİĞİNİN ELEKTRONİK YAPISININ BASINÇ ALTINDA İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Dr. Tahsin ÖZER

79 - 102

BÖLÜM 6

SU ÜRÜNLERİNDE DONDURARAK KURUTMA

Arş. Gör. Dr. Bengünur ÇORAPCI

103 - 135

ÖNSÖZ

Bu kitabın amacı, öğrencileri, akademisyenleri, uzmanları ve araştırmacıları mühendislikte yeni gelişmelerle tanıştırmaktır. Kitabın içeriğinde farklı mühendislik alanında çalışan bilim insanlarının araştırmaları sunulmuştur.

Her bölümde konular teorik veya uygulamalı esasları açıklanarak verilmiştir. Birinci bölümde Çevre mühendisliği uygulama alanlarından birisi olan atıksu arıtımı konusu işlenerek boyar maddelerin arıtımı hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır. İkinci bölümde Makine ve Mekatronik Mühendisliğinden akademisyenlerin yapmış olduğu ortak bir çalışma sunulmuştur. Çalışmada farklı kalınlıklardaki duvarlarda ses yalıtımı araştırılmıştır. Üçüncü bölümde Bilgisayar Teknolojileri ve Makine Mühendisliğinden akademisyenlerin Blokzinciri Teknolojisi Bağlamında Nesnelerin İnterneti konusu açıklanmıştır. Dördüncü bölümde Makine ve Mekatronik Mühendisliğinden araştırmacıların nanopartiküllerin pürüzlü yüzeylerde yapışma mukavemetine etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Beşinci bölümde SbTeI bileşiğinin elektronik yapısı basınç altında incelenmiştir. Kitabın son bölümünde is su ürünlerinde dondurarak kurutma tekniği hakkında bilgiler bulunmaktadır.

Gelecek baskılar için yorum, düzeltme, öneri ve katkılara ayrıca bu kitabın oluşturulmasında emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Serpil SAVCI

BÖLÜM 1:

BOYAR MADDE ARITIM ALTERNATİFLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Serpil SAVCI¹

¹ Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye, serpil.savci@bozok.edu.tr

GİRİŞ

Boyar maddeler kompleks ve parçalanmaya karşı dayanıklı organik moleküllerdir. Sentetik boyar maddeler tekstil endüstrisi başta olmak üzere kağıt, plastik, kozmetik, gıda ve deri gibi çok sayıda endüstriyel faaliyette kullanılmakta ve bu endüstrilerin atıksuları yoluyla alıcı ortamlara ulaşmaktadır. Boyar maddeler çok küçük konsantrasyonlarda bile görünür özelliğe sahiptirler. Alıcı ortamlarda ışık geçirgenliğini azalttığı için, sucul bitkilerin fotosentez yapmalarını olumsuz yönde etkilemektedir. Yeterince fotosentez yapamayan bitkiler nedeniyle suda çözülmüş oksijen azalmakta ve bu da suda yaşayan balıkların ölümüne sebep olmaktadır. İnsanlar üzerinde de toksik etkiye sahip olan boyar maddelerin mutajenik, karsinojenik özellikleri bilinmekte ve insanlar üzerinde de böbrek, karaciğer, beyin ve merkezi sinir sistemini olumsuz yönde etkilemektedir. Tekstil endüstrisinde ürünlerin her kg'ı başına 40-65 litre atıksu meydana geldiği bilinmekte ve tekstil endüstrisinden gelen atıksuların, pH 9-11 arasında, toplam katılar 6000-7000 mg/L, 3000-4500 ADMI Units renk, 800-1600 mg/L KOI, içerdiği bilinmektedir (Manu ve Chaudhari, 2002). Boyar maddelerin giderimi için fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler başta adsorpsiyon olmak üzere, koagülasyon, ileri oksidasyon, membran filtrasyonu, elektrokimyasal, aerobik ve anaerobik mikrobiyal parçalanma gibi yöntemlerdir. Her bir yöntemin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Boyar Maddelerin Sınıflandırılması

Ticari boyaların sınıflandırılması için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Boyar maddelerin yapısı, rengi veya uygulama metodu sınıflandırmada etkili olabilmektedir. Bunların dışında boyar maddeler, katyonik (bazik boyalar), anyonik (asit, direkt ve reaktif boyalar) ve non-iyonik (dispers boya) olarak sınıflandırılabilir (Yagub vd., 2014). Tablo 1’de Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddeler verilmiştir.

Katyonik boyar maddeler, pamuk, naylon ve ipek boyamada yaygın olarak kullanılan boyar maddelerdir. Art arda gelen aromatik gruplara bağlı farklı farklı kimyasal yapılar içermektedir. En önemlileri Crystal violet, Basic blue 41, Methylene blue ve Basic red 46’dır (Salleh vd., 2011).

Asidik boyar maddeler, naylon, pamuk, yün, ipek modifiye edilmiş akrilik, kağıt, deri, gıda ve kozmetik endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu boyaların başlıca kimyasal sınıfları, azo, antiquinon, trifenilmetan, azin, ksanten, nitro and nitroz içermektedir.

Tablo 1. Tekstil endüstrisinde en fazla kullanılan boyar maddeler (Demirbaş, 2009)

Boya Sınıfları	Tanım	Tipik Kirleticiler
Asit	Suda çözünebilir anyonik bileşikler	Renk, organik asitler
Bazık	Çok parlak ve suda çözünebilir	Renk
Direkt	Anyonik bileşikler, suda çözünür	Yüzey aktif madde, renk, köpük kırıcı,
Dispers	Suda çözünmez	Organik asitler, renk, keriyer, köpük kırıcı,
Reaktif	Suda çözünebilir, anyonik bileşikler, en geniş boya grubu	Renk, tuz, alkali, köpük kırıcı ve yüzey aktif maddeler
Sülfür	Sülfür ve sodyum sülfid içeren organik bileşikler	Renk, alkali, oksidatif ve redüktif maddeler
Vat	Suda çözünebilen, en eski ve kimyasal olarak kompleks	Renk

Dispers boyar maddeler, çoğunlukla polyester, naylon ve selüloz, selüloz asetat ve akrilik fiberlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Suda çözünmeyen non-iyonik boyar maddelerdir. Genel olarak azo, anthraquinone, styryl, nitro, and benzodifuranone gruplar içermektedirler.

Direkt boyar maddeler, pamuk, kağıt, deri ve naylon endüstrisinde kullanılmaktadır. Poli azo bileşikler, bu grupta yer almaktadır.

Reaktif boyar maddeler, pamuk ve diğer selülotik bileşiklerde kullanılmaktadır. Kovalent bağlar ve azo, anthraquinone, triarylmethane, phthalocyanine, formazan, oxazine gibi kromatik gruplar içermektedirler.

Kükürt boyalar, pamuk endüstrisinde kullanılmaktadır. Ara ürünlere ve nispeten küçük boya gruplarına sahiptir.

Vat Boyalar, pamuk ve çoğunlukla selülozik fiper endüstrisinde kullanılmaktadır. Anthraquinone (polycyclic quinones) ve indigoids gibi grupları içermektedir (Gupta ve Shas, 2009).

Boyar Maddelerin Giderim Yöntemleri

Tekstil endüstrisinde kullanılan atıksuların renk giderimi için özel bir arıtma işlemi olmamakla birlikte genellikle klasik metotların bileşimi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle elde edilen renk giderim verimi, atıksudaki boya türüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu durumda atıksulardan renk giderimi için en uygun yöntemin seçimi daha da zorlaştırmaktadır (Kapdan vd., 2000). Boyar madde gideriminde çok etkili olan metodlar, sentetik boyar maddelerin gideriminde etkisiz kalabilmektedir. Bu durumda Fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemlerinin kombinasyonu kullanılabilir. Boya giderim yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Boya Giderim Metodlarının Avantajları ve Dezavantajları

Fiziksel Arıtma Metodları	Avantajlar	Dezavantajlar
Adsorpsiyon (aktif karbon)	Boyaların en iyi şekilde gideriminin sağlanması	Ekonomik olmaması
Membran Filtrasyonu	Tüm boya tiplerinde giderim sağlanması	Fazla atık çamur üretimi
İyon Değişimi	Rejenerasyonda adsorban kaybı olmaması	Tüm boyalar için etkili olmamaktadır
Elektrokinetik koagülasyon	Ekonomik	Fazla çamur üretimi
Kimyasal Arıtma Metodları	Avantajlar	Dezavantajlar
Oksidasyon prosesleri	Uygulama kolaylığı	Arıtma işlemi sonunda çamur oluşumu
Ozonlama	Atıksu ve çamur oluşturmuyor	Kısa yarılanma ömrü (20 dakika)
Biyolojik Arıtma Metodları	Avantajlar	Dezavantajlar
White-rot mantarı ile renk giderme	Enzimleri kullanarak boyar maddelerin parçalanması	Güvenilirsizlik

Fiziksel Yöntemler Kullanılarak Boyar Madde Giderimi

Adsorpsiyon, elektrokinetik koagülasyon, membran filtrasyonu ve iyon değişimini atıksulardan renk giderimi için kullanılan fiziksel yöntemler olarak bilinmektedir (Li vd., 2000).

Atıksulardan boyar maddelerin giderimi için en etkili yöntemlerden birisinin adsorpsiyon olduğu bilinmektedir. Adsorpsiyon, ara yüzeyde veya iki faz arasındaki yüzeyde belirli bileşenlerin tutunduğu proses olarak tanımlanır (Noll vd., 1992).

Membran filtrasyonu, atıksulardan boyar maddelerin gideriminde kullanılan en önemli yöntemlerden birisidir. Beklenmedik kimyasal çevreye, sıcaklığa ve mikrobiyal aktiviteye karşı direçli olması sistemin üstünlükleri arasında sıralanabilir. Bunun yanında membranın tıkanma olasılığı, sermaye giderlerinin yüksek olması, yenilenme gereksinimi ve ayırmadan sonra kalan atığın bertaraf problemi sistemin dezavantajları arasında sayılabilmektedir (Kocaer ve Altan, 2002).

Koagülasyon, flokülasyon ve elektrokimyasal oksidasyon renk gideriminde oldukça etkili yöntemler olmasına rağmen, bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu metodlar oldukça maliyetli ve proses sonucunda aşırı derecede atık çamur meydana getirerek işletme problemlerine yol açabilmektedir. Renk gideriminde özellikle $FeCl_3$, alüm ve $CaCl_2$ kullanılmaktadır. Bu yöntemin dezavantajı, arıtma sonrasında çok fazla miktarda su içeriği yüksek bir çamur oluşmasıdır (Kaptan ve Kargı, 2000).

Kimyasal Yöntemler Kullanılarak Boyar Madde Giderimi

Kimyasal yöntemlerle boyar madde giderim teknikleri, kimyasal oksidasyon, Fe(II)/Ca(OH)_2 ile flokülasyon (yumaklaştırma), ozonlama, çöktürme ve fotokimyasal prosesleri, içermektedir (Banat vd.,1996).

Klorlama ve ozonlama yöntemleriyle rengin tamamen giderilmesi mümkündür. Dezavantajları, çıkış suyunda ozon miktarını arttırması, ozon üretiminin ekonomik olmaması, klorlama sonucunda da karsinojen klorlu organik bileşiklerin meydana gelmesi sıralanabilmektedir. Ancak, ozonlama rengi gidermek için, normal düzeyde ve yüksek düzeydeki kuvvetli atık sular için yeterli görülebilir ancak bulanıklılığı gidermek için farklı yöntemler denenmelidir.

Bir seri oksidasyon ve pıhtılaştırma-yumaklaştırma uygulamalarından oluşan fenton oksidasyon prosesi, Fe^{+2} ve H_2O_2 karışımı varlığında gerçekleşmektedir. Bu yöntemin illetimi kolay ve geniş sıcaklık aralıklarında kolaylıkla uygulanabilmektedir. Hanay ve Hasar, Malatya İli'ndeki bir tekstil fabrikasından elde ettikleri atıksuyu Fenton oksidasyon metodu ile arıtmak amacıyla pH, reaksiyon süresi ve sıcaklık gibi optimum değerleri araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Fenton oksidasyon prosesinin yüksek renk içeren atıksularda uygulanabileceğini belirtmişlerdir (Hanay ve Hasar 2007).

Biyolojik Yöntemlerle Boyar Madde Giderimi

Son yıllarda biyolojik yöntemlerle renk giderimi önem kazanmıştır. Özellikle anaerobik bakteri türlerinin boyar maddeleri parçaladıkları ve beyaz çürükçül küflerin izolasyonu yoluyla da boyar maddelerin bertaraf edildikleri görülmüştür. Mevcut biyolojik sistemler içinde, döner biofilm reaktörler, paket yatak reaktörler, aerobik-anaerobik ardışık kesikli ve sürekli akış reaktörler sıralanabilmektedir (Banat vd., 1996).

Kayıkıoğlu ve Debik, anaerobik arıtım proseleri ile tekstil atıksularından renk giderimi üzerine çalışmışlardır. Anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalarla, anaerobik reaktörlerle ve anaerobik/aerobik ardışık reaktörlerle yapılan çalışmaları incelemişlerdir. Sonuç olarak, boyar madde gideriminde aerobik tekniklerin kullanılması, aşırı çamur üretimi, havalandırma için enerji ihtiyacı ve renk gideriminde yeterli başarı sağlanamaması gibi dezavantajlara sahip olduğunu belirtmişlerdir (Kayıkıoğlu ve Debik, 2006) Oksijen gereksiniminin olmaması, düşük çamur formasyonu ve metan üretimi anaerobik sistemin aerobik sisteme göre avantajı olarak sayılabilir (Kapdan ve Öztekin 2003).

Yapılan araştırmalarda biyolojik yöntemlerin tekstil atıksularından boyar maddelerin gideriminde ucuz ve basit uygulamalar olduğunu belirtmiştir. Ancak, ticari boyaların kompleks yapısı ve moleküler büyüklüğünden dolayı boyar maddelerin gideriminde etkili olmadığı görülmüştür (Gürtekin ve Şekerdağ, 2008).

SONUÇ

Tekstil endüstrisi atıksularının çok küçük konsantrasyonlarda bile görünür kirliliğe yol açması, insanlar, sucul organizmalar ve bitkiler için toksik etki yaratması, parçalanmaya karşı dayanıklı olması gibi özelliklerinden dolayı en uygun arıtma metodları ile arıtılması gerekmektedir.

Fiziksel yöntemler içinde adsorpsiyonun en yaygın kullanılan metodlardan birisi olduğu görülmüştür. Ancak aktif karbon gibi yüksek maliyetli adsorbanlar kullanılması ve rejenerasyon ihtiyacı adsorpsiyonun dezavantajları arasında bulunmaktadır.

Kimyasal çöktürmede ise çöktürme için kullanılan kimyasalların maliyeti ve atık çamur sistemin dezavantajları arasında sayılmaktadır. Ozonlama ve klorlama yöntemlerinde ise rengin tamamen giderilmediği görülmüştür.

Biyolojik yöntemler göz önüne alındığında aktif çamur prosesinin düşük maliyetli olduğu ancak, tek başına renk gideriminde başarı sağlanamadığı görülmüştür. Bu nedenle daha çok anaerobik yöntemlerle beraber kullanıldığında başarı sağladığı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Banat, I. M., Nigam, P., Singh, D., Marchant, R., (1996). Microbial Decolorization of Textile-Dye-Containing Effluents: A Review, *Biosource Technology*, Vol. 58, No:3, pp. 217-227.
- Demirbas, A., (2009). Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueous solutions: a review, *Journal Of Hazardous Material*, Vol. 167, No:1-3, pp.1-9.
- Gupta, V. K., Suhas, (2009). Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. *Journal of Environmental Management* Vol. 90, No:8, pp.2313–2342.
- Gürtekin, E., Şekerdağ, N., (2008). Fenton Proses İle Tekstil Atıksularından Renk Giderimi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 26:3. file:///C:/Users/lenova/Downloads/YTUEJENS-2008-26-3.79%20(1).pdf. Erişim Tarihi:29.07.2016.
- Hanay, Ö., Hasar, H., (2007). Fenton Oksidasyon Prosesile Tekstil Endüstrisi Atıksuyunda Renk Giderimi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, Vol. 19, No:4, pp.505-509. [http://web.firat.edu.tr/ffmu/19-4/10 %20Hanay.pdf](http://web.firat.edu.tr/ffmu/19-4/10%20Hanay.pdf). Erişim Tarihi: 29.07.2016.
- Kayıkıoğlu, G., Debik, E., (2006). Anaerobik Arıtım Prosesleri İle Tekstil Atıksularından Renk Giderimi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 59-68, 2006/4. file:///C:/Users/lenova/Downloads/YTUEJENS-2006-24-4.222%20(1).pdf. Erişim Tarihi:29.07.2016.
- Kocaer, F. O., ve Alkan, U., (2002). Boyar Madde İçeren Tekstil Atıksularının Arıtım Alternatifleri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1 pp.47-55.

- Kapdan İ.K., Oztekin R., (2003). Decolorization of textile dyestuff Reactive Orange 16 in fedbatch reactor under anaerobic condition, *Enzyme and Microbial Technology*, Vol. 33, No.2, pp.231– 235.
- Kapdan, I.K., Kargı, F., Mc Mullan, G., Marchant, R., (2000). Decolorization of Textile Dyestuffs by a Mixed Bacterial Consortium .*Biotechnology Letters*, Vol. 22, No:14, pp.1179-1181.
- Li H., Liu, S., Zhao J., Feng, N., (2016). Removal of reactive dyes from wastewater assisted with kaolin clay by magnesium hydroxide coagulation process. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* Vol.494, No. 2016, pp.222–227.
- Manu B.,Chaudhari S., (2002). Anaerobic decolorisation of simulated textile wastewater containing azo dyes, *Bioresource Technology*, Vol. 82, No:3, pp. 225-231.
- Noll, K.E., Gounaris, V., Hou, W., (1992). *Adsorption Technology For Air and Water Pollution Control*. Lewis Publishers Inc, Michigan, 347s.
- Salleh, M. A. M., Mahmoud, D. K., Wan Azlina Wan Abdul Karim, Idris, A., (2011). Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes:A comprehensive review. *Desalination* Vol. 280, No.1-3, pp. 1–13.
- Yagub, M. T., Kanti Sen, T., Afroze, S., Ang, H. M., (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science* Vol. 209, No. 172–184.

BÖLÜM 2:

FARKLI KALINLIKLARDAKİ DUVARLARDA SES YALITIMININ ARAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Ahmet FERTELLİ¹

Dr. Öğr. Üyesi Sinan AYDIN²

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği,
Sivas, Türkiye. fertelli@cumhuriyet.edu.tr

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği,
Sivas, Türkiye. sinancan@cumhuriyet.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde gürültü etkisi birçok ülkede önemli bir sosyal sorun olarak kabul edilerek, önlenmesi ve konutlardaki gürültü seviyesinin azaltılması için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Gürültü, insan sağlığı üzerinde fiziksel, fizyolojik ve psikolojik etkiler oluşturmaktadır. Fiziksel etkiler işitme duyarlılığındaki geçici kayıplar olarak belirtilirken, fizyolojik etkiler ise hipertansiyon, hızlı kalp atışı, solunum hızlanması, adrenalin yükselmesi vb. değişimler olarak gösterilebilir (MEB, 2012). Psikolojik etkiler arasında sürekli gerilim, sinir bozukluğu, korku, tedirginlik, şüphecilik, dil dolanması gibi rahatsızlıklar görülebilir (MEB, 2012).

Gürültünün azaltılması ile ilgili yapılan çalışmalarda, Binici vd. (2009), endüstriyel gürültünün yalıtımı için daha iyi bir alternatif bulmak ve elyaf takviyeli çamur tuğlalarının mekanik özelliklerini iyileştirmek için çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları fiber takviyeli çamur tuğlaların ASTM ve Türk Standartları'nın basınç dayanımı ve ses yalıtım gereksinimlerini karşıladığı görülmüştür. Bazalt süngertaşının, elyaf takviyeli çamur tuğlaların ses yalıtım performansını iyileştirdiği ve içerik olarak bazalt süngertaşına sahip elyaf takviyeli kerpiç duvarların, endüstriyel binalarda ses yalıtımını iyileştirmek için kullanılabileceğini göstermiştir.

Secchi vd. (2017) özellikle trafik ve cephe ses yalıtımı nedeniyle iç mekân gürültü seviyesi ve sınıfta konuşma anlaşılabilirliği üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında cephe ses yalıtımı ve her okulun yankılanma süresi ölçülmüştür. Ayrıca, dış ortamdan gelen gürültünün

iç mekân gürültü seviyesi, konuşmanın anlaşılabilirliği ve konuşmanın gürültü oranı üzerindeki etkisi, cephelerin akustik performanslarını iyileştirmek için yapılan çalışmalardan önce ve sonraki durumlar analiz edilmiştir. Bulunan sonuçlarda, cephe gürültüsünün iyileştirilmesinden sonra trafik gürültüsünden kaynaklanan iç ses basıncı seviyesinin önemli ölçüde azaldığını, iç yankılama süresinin azaltılması ve konuşma anlaşılabilirliğinin iyileştirilmesi için ise iç mekân yüzeylerine daha ileri işlemler yapılması gerektiğini göstermektedir.

Julieta vd. (2015) düşük frekans bant ölçümlerinin Portekiz'deki tipik binalar için tanımlayıcı sonuçlar üzerindeki etkisini tespit etmek için havadan gelen sesin yalıtımı için yerinde ölçümlerin analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında birkaç hafif duvar grubu incelenmiştir. Binalarda beton çerçeve yapıları vardır ve bölmeler esas olarak ağır duvarlar veya döşemelerdir. Havadaki ses yalıtım testleri üçte bir oktav bantlarında 50 Hz ila 5000 Hz arasında yapılmıştır. Darbeli ses yalıtım testleri de üçte biri oktav bantlarında 50 Hz ila 5000 Hz arasında yapılan ölçümlerle takip etmiştir.

Myung-Jun vd. (2007) dokuz apartman bloğunun balkon pencereleri tarafından sağlanan cephe ses yalıtımının ölçülmesi ve değerlendirilmesini yapmışlardır. Bulunan sonuçlarda, balkon pencerelerindeki havadaki ses yalıtımının tek sayıdaki miktarlarının saha test yöntemlerine ve koşullarına göre değiştiğini göstermiştir. Ek olarak, tek sayı büyüklükleri, özellikle küresel karayolu trafik yöntemini kullanırken, dış yüzlerin iç ve dış kısımları arasındaki genel A ağırlıklı ses seviyesi farklarıyla tutarlı olduğu görülmüştür.

Alonso vd. (2019) darbe ses iletimini azaltmak için düzenlenen tasarımların akustik performansını araştırmak için laboratuvar testleri yapmıştır. alışmalarına göre her iki türdeki akustik performans, bazı durumlarda yüzer döşeme sisteminin homojen bir kat üzerindeki etkisinin dört katına kadar bir farkla önemli ölçüde farklılık göstermektedir.

Santoni vd. (2019) alışmalarında, kenevir lifli malzemelerin akustik performansını üretim sürecinde arttırma olasılığını vurgulayarak, her işlemin malzemenin fiziksel özelliklerini ve ses emme katsayısını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Ayrıca, farklı zelteleri araştırmak ve karşılaştırmak amacıyla kenevir lifli malzemelerin akustik performansını yoğunluklarının bir fonksiyonu olarak basitleştirilmiş bir model önerilmiştir. Değişken bir sıkıştırma oranı için nümerik olarak değerlendirilen fiziksel parametreler, farklı bir yoğunluk ve kalınlığa sahip numuneler üzerinde üretim işleminin her aşamasında ölçülen deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada, farklı duvar yapılarında EPS ve taş yn kullanılması durumunda, duvarların ses yalıtım özellikleri incelenmiştir.

YÖNTEM

Duvar özellikleri ile kullanılan malzemeler Şekil 1’de gösterilmektedir.

Duvar 1			
	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	
4	İç sıva	20	
3	Tuğla	190	
2	EPS	50	
1	Dış sıva	30	

Duvar 2			
	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	
4	İç sıva	20	
3	Bims	190	
2	EPS	50	
1	Dış sıva	30	

Duvar 3			
	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	
5	İç sıva	20	
4	Tuğla	85	
3	Taş yünü	50	
2	Tuğla	85	
1	Dış sıva	30	

Duvar 4			
	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	
5	İç sıva	20	
4	Tuğla	85	
3	EPS	50	
2	Tuğla	85	
1	Dış sıva	30	

Duvar 5			
	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	
7	İç sıva	20	
6	EPS	20	
5	Tuğla	85	
4	EPS	20	
3	Tuğla	85	
2	EPS	20	
1	Dış sıva	20	

Duvar 6			
	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	
6	İç sıva	20	
5	Tuğla	85	
4	EPS	30	
3	Tuğla	85	
2	EPS	30	
1	Dış Sıva	30	

Duvar 7			
	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	
3	İç sıva	20	
2	Tuğla	190	
1	Dış sıva	30	

Duvar 8			
	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	
5	İç sıva	20	
4	Tuğla	190	
3	İç sıva	20	
2	EPS	50	
1	Dış sıva	30	

Şekil 1. Farklı duvar modelleri ve özellikleri

Çalışmada, tuğla ve bims malzemelerinden yapılan yalıtımsız duvar ile hem 20 mm,30 mm ve 50 mm kalınlığındaki EPS ısı yalıtım malzemesi hem de 50 mm kalınlığında taş yünü ısı malzemesi kullanarak yapılmış yalıtımlı duvarların ses yalıtım özellikleri incelenmiştir. 8 adet farklı duvar yapısında EPS hem tek tuğlalı duvarda hem de çift tuğlalı duvar arasına farklı sayıda ve farklı kalınlıklarda yerleştirildi. Duvar dışında 110 dB şiddetinde gürültü oluşturularak iç taraftan ses ölçümleri yapılmıştır. Deneylerde Brüel&Kjaer Hand-Held ses ölçüm cihazı kullanılmış olup, ölçümlerde duvarın orta noktası kullanılmıştır.

BULGULAR

Deneylerde yapılan duvarlarda 85 mm ve 190 mm kalınlığında tuğla, 190 mm kalınlığında bims 20mm kalınlığında iç sıva ve 30 mm kalınlığında dış sıva kullanılmıştır. Öncelikler yalıtım malzemeleri tek parça olarak tuğla yüzeyine yerleştirilmiş, daha sonra daha ince kalınlıktaki malzemeler seçilerek tuğlalar arasına iki veya üç yalıtım malzemesi yerleştirilerek 8 farklı duvar modeli oluşturulmuştur. Tüm duvarlarda 110 dB değerinde gürültü duvar dış yüzeyinde oluşturulup, duvar iç yüzeyinde ölçümler yapılmıştır. Tablo 1 ve Şekil 2’de tüm duvar modelleri için ölçülen ses değerleri ve ses şiddetindeki % azalma oranları gösterilmektedir. Duvar 1 ve Duvar 2 modelinde 190mm kalınlığına tuğla ve bims kullanılarak yüzeyine 50 mm kalınlığında EPS yerleştirilmiştir. Duvarların iç tarafındaki gürültü değerleri tuğlada 48,7 dB ve bims duvarda 0,2 dB olarak ölçülmüş ve

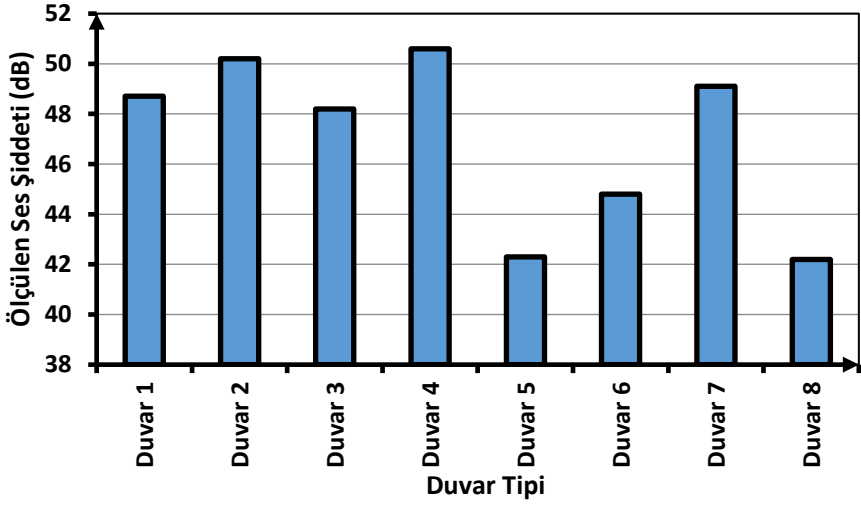
değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. 85 mm kalınlığında iki tuğla arasına 50mm kalınlığında EPS ve taşıyünü yerleştirilip iç ve dış sıvaların yapılmasıyla (Duvar 3 ve Duvar 4) gürültü değerleri EPS ısı yalıtım malzemesi için 48,2 dB ve taş yünü ısı yalıtım malzemesi için 50,6 dB'dir.

Ses şiddetindeki azalma oranları ise sırasıyla % 49,4 ve % 51,8'dir. 85 mm kalınlığında iki tuğla arasına 20mm kalınlığında üç EPS yerleştirilen Duvar 5'de 42,3 dB ve 30 mm kalınlığında EPS yerleştirilen Duvar 6 modeli için ise 44,8 dB elde edilmiştir. Duvar 7'de hiçbir yalıtım malzemesi yerleştirilmemiş olup, Duvar 8'de 190 mm kalınlığındaki tuğlanın her iki yüzeyine de 20 mm kalınlığında sıva sürülmüş olup 50 mm kalınlığında EPS kullanılmıştır.

Çizelge 1. Farklı duvar modelleri için ölçülen ses değerleri ve % azalma oranları

Duvar Modeli	Ölçülen Değer (dB)	Ses Şiddetindeki Yüzde (%) Azalma
Duvar 1	48,7	51,3
Duvar 2	50,2	49,8
Duvar 3	48,2	51,8
Duvar 4	50,6	49,4
Duvar 5	42,3	57,7
Duvar 6	44,8	55,2
Duvar 7	49,1	50,9
Duvar 8	42,2	57,8

Yalıtımsız duvarda 49,1 dB, Duvar 8 modelinde ise 42,2 dB ses değerleri ölçülmüştür. Ses şiddetindeki azalma oranları ise yalıtımsız duvar için % 50,9 iken yalıtımlı duvar için % 57,8 olarak elde edilmiştir.



Şekil 2. Farklı duvar modelleri için ölçülen ses değerleri

SONUÇ

Yapılan çalışmada, binaların inşaatında tuğla ve bims kullanılarak oluşturulan duvarlarda, EPS ve taş yünü ısı yalıtım malzemelerinin duvar içerisine farklı yüzeylere yerleştirilmesi durumunda duvarların ses yalıtım özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan gürültü düzeylerindeki azalmanın % 49,4 - % 57,8 aralığında değiştiği görülmektedir. Duvar 5 ve Duvar 8 modellerinin en fazla yalıtım sağladığı, Duvar 2 ve Duvar 4 modellerinin ise yalıtım malzemesi kullanılmasına rağmen ses yalıtımı açısından verimsiz olduğu tespit edilmiştir

KAYNAKÇA

- Alonso, A., Patricio J., Suárez R. (2019). On the efficiency of impact sound insulation systems on prefabricated lightweight floor and on standard homogeneous base-floor, *Engineering Structures*, 191, 649–657.
- Binici H., Aksogan O., Bakbak D., Kaplan H., Isik B. (2009). Sound insulation of fibre reinforced mud brick walls, *Construction and Building Materials*, 23, 1035–1041.
- Julieta A., Diogo M. (2015). Influence of low frequency bands on airborne and impact sound insulation single numbers for typical Portuguese buildings, *Applied Acoustics*, 89, 141–151.
- MEB (2012). Gürültünün Etkileri. Mesleki ve Teknik Eğitim Programlar ve Öğretim Materyalleri, 1-16.
- Myung-Jun K., Ha-Geun K. (2007). Field measurements of facade sound insulation in residential buildings with balcony Windows, *Building and Environment*, 42, 1026–1035.
- Santoni A., Bonfiglio P., Fausti P., Marescotti C., Mazzanti V., Mollica F., Pompoli F. (2019). Improving the sound absorption performance of sustainable thermal insulation materials: Natural hemp fibres, *Applied Acoustics*, 150, 279–289.
- Secchi S., Astolfi A., Calosso G., Casini D., Cellai G., Scamoni, Chiara Scrosati F., Shtrepi L.(2017). Effect of outdoor noise and façade sound insulation on indoor acoustic environment of Italian schools, *Applied Acoustics*, 126, 120–130.

BÖLÜM 3:
BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ BAĞLAMINDA NESNELERİN
İNTERNETİ

Öğr. Gör. Dr. Burhan DUMAN¹

Emine Betül ŞEN²

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Uluborlu S. Karasoy MYO, Bilgisayar Teknolojileri, Isparta, Türkiye. burhanduman@isparta.edu.tr

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği, Isparta, Türkiye. eminebetulsen@gmail.com

GİRİŞ

Gelişen ve değişen teknoloji hayatın her alanında birçok kolaylık sağlamaktadır. İnternetin gelişmesiyle birçok nesne “akıllı” niteliğini taşımaktadır. Akıllı ev sistemleri, akıllı güvenlik sistemleri, akıllı telefonlar ve benzerleri. Günlük yaşantımızın birçok alanına dahil ettiğimiz teknoloji, getirdiği birçok faydanın yanında her geçen gün artan tehditlerle de gelişimini yavaşlatmaktadır (Cascio, W. F., & Montealegre, R., 2016). Örneğin, Nesnelerin İnterneti (IoT) kapsamındaki evler, arabalar, bazı makineler yasadışı izleme amacıyla kullanılmaktadır. Nesnelere yerleştirilen küçük boyutlu cihazlar ile ortamdaki olaylar veya eylemler takip edilebilmekte ve buna bağlı olarak birçok müdahale yapılabilmektedir. Tehditlerin kaynağını, cihazların güvenlik hassasiyetlerine gerekli önemin verilmemesi oluşturmaktadır.

Günümüzde bireylerin hayatlarına ilişkin tercihleri, alışkanlıkları ve davranışlarının oluşturduğu veri yığınının analizindeki ve saklanmasıdaki güvenlik tehditleri de bu konudaki diğer önemli etkindir. Verilerin, kişisel haklar göz önünde bulundurularak elde tutulması çok önemli ve günümüz teknolojisiyle oldukça zor olmaktadır. Bu zorluklarla mücadele ederken gelişen teknolojiden faydalanmak, tehditlere karşı önemli bir kolaylık olmaktadır. Blokzinciri teknolojisi de bu yeni teknolojilerden birisidir. Blokzinciri teknolojisi yapısal olarak dağıtılmış bir sistem özelliğinde olduğu için, güvenlik konusunda önemli bir kalkan olmaktadır. Bu sistem ile bir veri oluşturulmakta, doğrulanmakta ve şifreleme blokları olarak

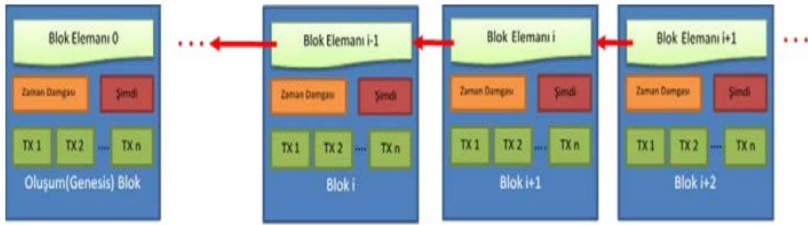
saklanmaktadır. Bloklar kişiler tarafından değiştirilememektedir. Başka bir deyişle, her işlem kaydedilebilmekte ve eklenmiş veri blokları oluşturularak yapılan herhangi bir blok zinciri silinememektedir.

Tarih boyunca veri güvenliğini sağlamak amacıyla çeşitli şifreleme yöntemleri geliştirilmiştir. İlk güvenli (kriptografik açıdan) blokzinciri çalışması Stuart tarafından yapılmıştır. 1991’de Haber ve W. Scott Stornetta, Merkle ağacını tasarıma dahil etmiş ve bu da bazı belgelerin bloklar halinde toplanmasına izin vererek en iyi fayda ile sonuçlanmıştır (Nakamoto, S., 2008). Caesar Cipher ve Cipher Wheel gibi ünlü veri güvenliği yöntemleri, veriler dijitalleştirildiği için yeni şifreleme araştırmalarıyla değiştirilmiştir. Blokzinciri ise bu alandaki son keşiflerden biridir (David, M., & DeCapua, T., 2018). Blokzinciri, Satoshi Nakamoto tarafından 2009 yılında yazılan makaleden sonra ortaya çıkmıştır. Blokzinciri teknolojisinin 2009’dan bu zamana kadar en popüler yapan ve devrimci bir teknoloji olarak kabul ettiren en önemli özellik, geleneksel dijital platformların aksine güvenli ve kırılmaz bir yapıya sahip olmasıdır (Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T. and Lippman A., 2016). Kripto para birimi Bitcoin’in temel bir bileşeni olan Blokzinciri gelecek yıllarda yine Nakamoto tarafından uygulanmış ve ağdaki tüm işlemler için kullanıcılara açık bir kitap olarak kullanılmıştır. Blokzinciri kullanımı ile Bitcoin, çifte harcama problemini çözen ilk dijital para olarak, ek uygulamalar için ilham kaynağı olmuştur (Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H., 2017, June). Bir blokzincir, birden fazla bilgisayardan kayıt işlemleri için merkezi olmayan kullanıcılara açık dijital kitaptır. Bu nedenle,

kayıtların hiçbirini bir sonraki bloğu değiştirmek veya ağı anlamak için geriye dönük olarak değiştirilememektedir (Kokina, J., Mancha, R., & Pachamanova, D., 2017).

1. Blokzinciri Mimarisi

Blokzinciri, işlem kayıtlarının tam listesini içeren bir blok dizisidir. Her blok, önceki bloğa, ana blok adı verilen önceki bloğun karma (hash) değeri olan bir referansla işaret etmektedir. Bir blokzinciri 'in ilk bloğuna başlangıç bloğu (genesis) denir. Blok oluşumu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Blok Zincir Mimarisi (Zeng vd., 2016)

1.1. Blok

Kullanıcılar işlem yaparken düğümlerden herhangi birinden işlem bilgilerini alırlar. İşlem bilgisine sahip düğüm ağa dahil edilir ve işlem bilgisini diğer düğümlere sağlar. Bu tür işlemler havuza bloklar eklenene kadar bekletilir. Madenci olan bir kullanıcı düğümlerden biri, işlemin geçerliliğini doğrular ve bunları diziye ekler. Bir blok, blok başlığından ve blok gövdesinden oluşmaktadır. Genel olarak blok işleyiş yapısı Şekil 2' de gösterilmiştir.

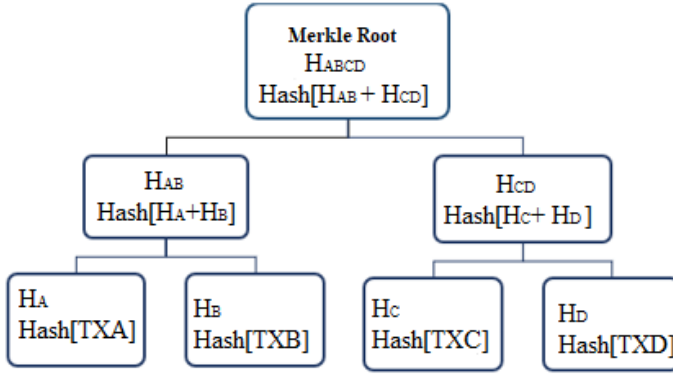


Şekil 2. Blok Yapısı (Khan, M. A., & Salah, K., 2018)

1.1.1 Blok içeriği

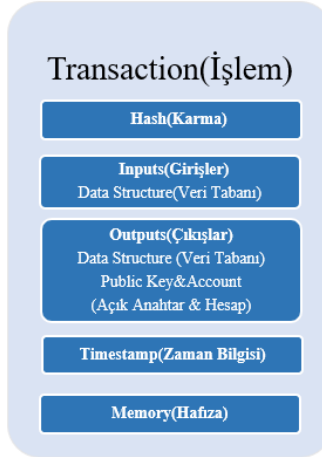
Blok Sürümü: Hangi blok doğrulama kurallarının izleneceğini göstermektedir.

Merkle Ağacı: Merkle ağacı, her yaprak düğümünün bir veri bloğu ile etiketlendiği ve her bir yaprak düğümünü alt düğümlerinin şifreleme hash'leri ile etiketlenmesidir. Merkle ağacı genel yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Merkle kök ağacı (Merkle Root) (Keyhole Software, 2018)

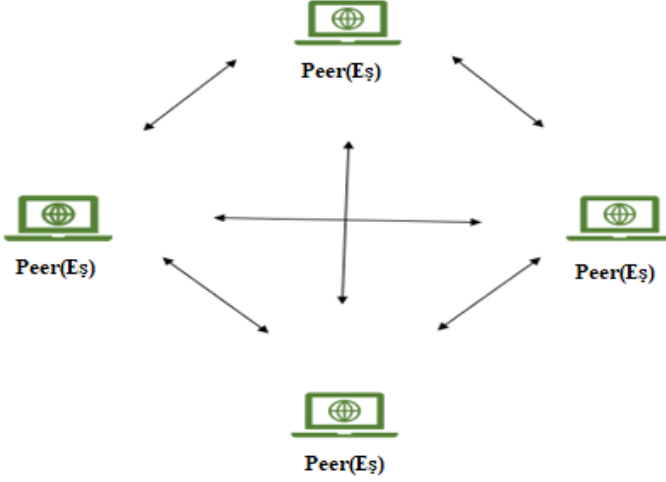
İşlemler (Transactions): İşlem, kullanıcılar arasındaki transferlerin blok zincirine kaydedilmesidir. İşlemlerin tarihi ve/veya mevcut durumu basit bir sunum olarak düşünülebilmektedir. Blok oluşturulurken kullanılan işlem örneği Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. İşlem örneği (Fabian, B., Ermakova, T., Krah, J., Lando, E., & Ahrary, N., 2018)

1.2. Eşler Arası (Peer to Peer) Ağ

Blokzinciri teknolojisi güvenli ve bütünleştirici bir sistemdir. Eşler arası ağ, bu özellikleri blok zincirine aktarmaktadır. Ağ iletişimi aynı anda eşler arası ile sağlanabilir. Eşler arası iletişim ağı Şekil 5' te gösterilmiştir.



Şekil 5. Eşler arası iletişim ağı (Nakamoto, S., 2008)

1.3. Blokzinciri Ağ Yapısı

Genelde yaygın olarak kullanılan kapalı merkezi yapıların aksine blokzinciri dağıtık (distributed) bir yapı kullanmaktadır. Kullanıcılara açık ağ yapısı üzerinde birbirlerinin kopyası şeklinde eşit bir dağılım yaparak bir merkeze ihtiyaç duymadan dağıtım yapmaktadır. Böylece merkezi yapıların verdiği riskler en aza indirgenmiştir. Blokzinciri ağ yapısı şematik gösterimi Şekil 6' da verilmiştir.



Tek Merkezli Ağ



Çok Merkezli Ağ



Dağıtık Ağ

Şekil 6. Blokzinciri ağ yapısı (Keyhole Software, 2018)

1.4. Blokzinciri Konsensüs Algoritması

Konsensüs algoritması bilgisayar bilimlerinde dağıtılmış sistemler arasında tek bir veri değeri üzerinde anlaşmaya varmak için kullanılan algoritmalarlardır. Konsensüs algoritmaları, birden çok düğümü içeren bir ağda güvenilirliği sağlamak için tasarlanmışlardır (Castor, A., 2017).

1.5. İş Kanıtı Algoritması (Proof of Work-PoW)

İlk fikir birliği algoritması iş kanıtı (PoW) algoritmasıdır. Bitcoin'deki çalışma kanıtı, işlem bloklarını işlemek ve bunları blok zincirine eklemek için kullanılan bir araç olarak işlev görmektedir (Kuo ,T.-T., Kim, H.-E. and Ohno-Machado, L., 2017). Bu yöntemle hangi bloğun üretileceğine karar verilir. Blok üretme çabası olarak kanıtlanan bu yöntem, yüksek işlem gücü gerektirir ve çok fazla enerji tüketimine neden olur. Konsensüs mekanizmasının çok önemli bir parçasıdır.

Blokzincirine blok eklemek için doğru ispat oluşturma süreci madencilik olarak bilinmektedir ve madencilik sürecine katılan kişiler “madenciler” olarak bilinir. Dağıtılmış ve güvenilir bir fikir birliği algoritmasının ilk uygulaması Bitcoin'dir. İş kanıtı algoritması (PoW)

madencilerin blok zincirine bir blok eklemeyen önce karmaşık şifreleme bulmacalarını çözmelerini gerektirir (Debus, J., 2017).

Bulmacanın çözülmesi karşılığında madenciler Bitcoin ile ödüllendirilir ve aksi takdirde blok ödül olarak bilinir. Blokzinciri'e eklenen her bloğun belirli bir fikir birliği kurallarına uyması gerektiğine dikkat etmek önemlidir. İlk etapta bloğa ulaşmak için, madenciler her karma işlevinde doğru bir karma bulmak için diğer madencilerle rekabet etmelidir. Madencilerin doğru karma değerlerini bulmasının ne kadar zor olacağını dinamik olarak ayarlayan bir ağ zorluğu bulunmaktadır (Banerjee, A., 2018). Bir madenci doğru değere rastlarsa, sistemdeki diğer tüm düğümler her yeni bloğun işlemini gerçekleştirmeden önce doğru olduğunu doğrular.

İş kanıtı (PoW) fikir birliği algoritması, işlem bloklarını işlemek ve bunları blok zincirine eklemek için kullanılan bir araç olarak işlev görmektedir. Ağdaki düğümler blok zincirine eklenmeden önce her bloğu doğrulamaktadır.

1.6. Karma (Hash) Fonksiyonları

Şifreleme karma (hash), şifreleme işleminde kullanılan matematiksel bir işlevdir. Genel karma işlevleri, sabit uzunluktaki çıktıları döndürmek için değişen uzunluklarda girdiler almaktadır. Şifreleme karma işlevi, karma işlevlerinin ileti geçirme özelliklerini güvenlik özellikleriyle birleştirmektedir. Karma (Hash) algoritma işlem yapısı Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 7. Karma (Hash) Algoritması (Munir, R., 2006).

2. Blokzinciri Kullanım Alanları

2.1. Finansal Hizmetler

Geleneksel sistemler elverişsiz, hata yapmaya fazlaca açık ve oldukça yavaş sistemlerdir. Beklenmedik ve büyük problemleri çözmek çok fazla strese, zaman ve paraya mal olabilmektedir. Buna karşılık, kullanıcılar blok zincirini daha az maliyetli, daha şeffaf ve daha etkili bulmaktadırlar. Artan sayıda finansal kurum bu sistemi akıllı tahvil ve akıllı sözleşmeler gibi yenilikler için kullanmaya başlamaktadır. Akıllı tahvil, önceden programlanmış belirli koşullar yerine getirildiğinde tahvil sahiplerine otomatik olarak ödeme yapmaktadır. Akıllı sözleşmeler, şartlar sağlandığında kendilerini koruyan dijital sözleşmelerdir (Dujak, D., & Sajter, D., 2019).

Finansal Hizmetlerde Blokzinciri Örnekleri

Blokzinciri tarafından oluşturulan kripto para birimlerinin finansal uygulamalarına örnekler aşağıdaki gibidir:

- Geleneksel ticaret işlemleri, özellikle varlık yönetiminde yurtdışı işlemlerde, pahalı ve riskli olabilir. Komisyoncu, depo

veya yerleşim yöneticisi gibi sürecin her bir tarafı kendi verilerini tutar ve bu da önemli verimsizliklere ve hata olasılığına yol açar. Blokzinciri alt blokları ise kayıtları şifreleyerek hatayı azaltır. Aynı zamanda, dijital bilgisayarlar araçlara olan ihtiyacı ortadan kaldırarak süreci kolaylaştırmaktadırlar.

- Sigorta şirketlerinin sahte iddiaları ve parçalanmış veri kaynakları sebebiyle hata yapma olasılıkları çok yüksektir. Blokzinciri risksiz yönetim ve şeffaflık için mükemmel bir sistem sağlar. Bunun yanında blok zincirinin şifreleme özellikleri, sigorta şirketlerinin sigortalanacak varlıklarının mülkiyetlerini edinmelerini de sağlar.
- Araba, ev veya beyaz eşya gibi nesne niteliğindeki maddi varlıklar ile patent, şirket hisse senetleri gibi nesne niteliğinde olmayan maddi varlıklar, akıllı teknolojilerle birleştirilebilir ve verileri güvenli bir ortamda kaydedilebilir. Bu kayıtlar ancak varlık sahibinin izin yetkisiyle başkaları tarafından açılıp işlem görebilir. Akıllı anahtar aracılığıyla açılan gizli defter işlem zamanını kısaltabilir. Sözleşme onaylandıktan sonra, defter bu akıllı anahtarların değişimini sağlar ve saklar. Merkezi olmayan defter aynı zamanda mülkiyet haklarının tescili ve yönetimi için bir sistem haline gelirken, kayıtlar veya akıllı anahtarın kaydedilmesi durumunda akıllı sözleşmeleri çoğaltmaktadır. Bu işlemler sonucu mülkünüzü daha akıllı yapmak, dolandırıcılık, arabuluculuk ücretlerini ve şüpheli iş riskini azaltmak kolaylaşmaktadır. Aynı zamanda güven ve üretkenliği

artırmaktadır (Mendling, J., Weber, I., Aalst, W. V. D., Brocke, J. V., Cabanillas, C., Daniel, F., ... & Gal, A., 2018).

2.2 Sağlık Hizmetlerinde Blokzinciri

Tıbbi konular için blok zinciri kullanmak, verileri depolamada farklı veri tabanı kullanan sağlık kurumlarına yardımcı olmaktadır. Blokzinciri sayesinde hastalar sağlık kayıtlarına daha hızlı ve güvenli bir yöntem ile ulaşabilmektedir. Aynı zamanda blokzinciri teknolojisi kullanılarak arşivlenen tıbbi kayıtlar para israfını ve gereksiz yere tekrarlanan prosedürleri önlemektedir (Linn, L. A., & Koo, M. B., 2016).

Sağlık Hizmetlerinde Blokzinciri Örnekleri

- Günümüzde, bazı tıbbi kayıtlar hala kâğıt bazlı yöntemlerle kaydedilmektedir. Bu, bilgilerin eksik olmasına ve sağlık hizmeti sağlayıcıları için uygun tedavinin sağlanmasını zorlaştırmaktadır (Boulos, M. N. K., Wilson, J. T., & Clauson, K. A. 2018). Elektronik tıbbi kayıtlar için kullanılan birçok sistem bulunmaktadır. Her sistemin kendine ait bir işlem süresi veya düzeni olmaktadır. Bu farklı sistemler hastanın tedavi sürecinde, tanı konmasından müdahale edilmesine kadar geçen süreyi uzatabilmekte, bu durum ise hastanın kötüleşmesine ve hatta hayatını kaybetmesine yol açmaktadır. Tıbbi kayıtlar için blokzinciri teknolojisini kullanmak, verileri ayırırken, farklı veri tabanlarını kullanan farklı sistemlere karşı yardımcı olmaktadır. Blokzinciri sayesinde zaman kaybetmek artık bir problem

olmayacak ve hasta daha fazla zaman kaybetmeyecektir. Blokzinciri teknolojisi kullanılarak elde edilen tıbbi kayıtlar zaman ve para israfını ve gereksiz yere tekrarlanan prosedürleri önleyecektir.

- Genetik yol ile elde edilen veriler tıpta çok büyük bir öneme sahip olmakla birlikte, gizlilik endişeleri korkusuyla kolaylıkla paylaşılamamaktadır. Blok zincirinin birbirine bağlı bloklarıyla, hastanın yaşamı için önemli olabilecek bilgileri paylaşmak daha kontrollü ve güvenilir olmaktadır. Genetik verilerin kontrollü paylaşımı, atalardan gelen hastalıkların teşhis edilmesinde önemli olmakta ve genetik analiz sonuçlarının kesinliğini arttırmaktadır (Şen, M.T., 2019).

2.3. Hükümet Sistemlerinde Blokzinciri

Mevcut sistemlerin gereksiz ve zaman alıcı kalem ve kâğıt işleri, kamu sektörünün gelişimini oldukça yavaşlatmaktadır. Kamu hizmetlerinde etkili bir şekilde sorun çözme ve topluma hizmet sağlama güvensizliği gün geçtikçe artmaktadır. Blokzinciri, düzenleyici faaliyetler için güvenilir bir ortam yaratmaktadır (Ølnes, S., Ubacht, J., & Janssen, M., 2017). Blokzinciri teknolojisi, devlet hizmetlerini iyileştirmek ve daha şeffaf devlet-vatandaş ilişkilerini geliştirmek için potansiyel bir araç olmaktadır. Dağıtılmış teknoloji, daha verimli ve güvenli veri paylaşımı yoluyla iş süreçlerini önemli ölçüde optimize etmek için çalışmaktadır.

Hükümet Sistemlerinde Blokzinciri Örnekleri

Her demokraside seçim güvenliği en önemli konudur. Eğer seçimin güvenilirliği yeterli olmaz ise demokrasi de tam sağlanmış olamaz. Diğer bir taraftan, seçimlerin maliyeti gün geçtikçe artmaktadır. Gelişen teknoloji az insan gücü gerektirirken, güvenlik nedenlerinden ötürü çok fazla insanın seçimlerde görev alması, görevliler tarafından güvenliğin en üst düzeylere çıkarılması dahi dolandırıcılığı önlemeye yeterli olmamaktadır ve masrafları arttırmaktadır. Akıllı sözleşmeleri kullanan blokzinciri tabanlı oylama sistemleriyle güvenlik problemler kolaylıkla çözülebilmekte ve masraflar en aza indirilebilmektedir (Ølnes, S., Ubacht, J., & Janssen, M., 2017). Kalem ve kâğıt tabanlı seçimlerden yüksek teknoloji tabanlı seçim yapan demokratik ülkeler kendilerini ileriye taşımaktadır.

2.4. Nesnelerin İnterneti(IoT)'nde Blokzinciri

Nesnelerin interneti veya IoT, şu anda internete bağlı, veri toplayan ve paylaşan dünyadaki milyarlarca fiziksel cihazı ifade eder. Ucuz işlemciler ve kablosuz ağlar sayesinde, herhangi bir cihazı IoT'nin bir parçası haline getirmek mümkün olmaktadır (Panarello, A., Tapas, N., Merlino, G., Longo, F., & Puliafito, A., 2018). Bu özellik, akıllı olmayan cihazlara dijital bir zekâ katmakta ve bu sayede insanla uğraşmadan gerçek zamanlı veri iletişimi sağlamaktadır. Böylelikle dijital ve fiziksel dünyaları etkin bir şekilde birleştirmektedir.

Nesnelerin interneti, hayatımızı giderek daha karmaşık bir alanda yeni bir inovasyon dalgası haline getirmektedir (Khan, M. A., & Salah, K.,

2018). Tüm özellikleriyle karşımıza çıkan en önemli kavram, depolama ve işleme için kullanılan nesnelerin güvenlik ihtiyacıdır. Günümüzde fazlaca ön planda olan nesnelerin interneti, bazı güvenlik noktalarında gelişimini durdurmak zorunda kalmaktadır. Bu konuda uzmanların karşısına aşılması gereken birçok engel ve zorluk çıkmaktadır.

Nesnelerin İnterneti birçok farklı pencereden görülebilir. Sistem penceresinden "Ağ Geçitleri", "Ağ Servisleri", "Bulut Servisleri" olabilmektedir. Diğer bakış açısı iş dünyasında "Platform", "Bağlantı", "İş Modeli ve Uygulamaları" dır (Helo, P., & Hao, Y., 2019). Bunu nasıl tanımladığınızdan bağımsız olarak, tüm bu perspektiflerin en üstünde 'güvenlik' meselesi sorunu vardır. Pek çok uzman, blokzinciri teknolojisinin gizlilik ve güvenlik açısından nesnelerin interneti teknolojisinin birçok önemli eksikliği kapattığını savunmaktadır. Aynı zamanda blokzinciri teknolojisi, milyarlarca internete bağlı cihazı izleyerek, işlemleri etkinleştirerek ve cihazlar arası koordinasyonu sağlayarak sektörde önemli tasarruflar sağlayabilmektedir (Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S., 2015). Merkezi olmayan yaklaşım, tek bir sisteme bağımlılığı ortadan kaldırarak daha sağlam bir çevre birimi oluşmasını sağlamaktadır.

Güvenlikte kullanılan geleneksel yöntemler, enerji tüketimi açısından pahalıdır. Ek olarak, güvenlik ve süreç kalitesinin aşırı merkezileştirilmesi güvenliği tehdit altına alan önemli bir husustur. Tüm bu tehditlere karşı koruma sağlamak için, P2P (peer-to-peer) tabanlı dağıtılmış blok zincir mimarisi, güvenli bir hizmet sunan

çözümler sağlayabilmektedir (Conoscenti, M., Vetro, A., & De Martin, J. C., 2016, November). Blok zincir yapısı, cihazların gerçekleştirdiği işlemlerin geçmişini tutan değiştirilemez bir kayıt defteri tutulmasını sağlayacaktır. Bu şekilde, cihazlar bu kayıtları tek bir merkezi otoriteye ihtiyaç duymadan bir doğrulama aracı olarak kullanarak kendi aralarında işlem yapma kabiliyetine sahip olacaklardır. Örneğin, güçlendirilmiş bir blok zinciri yapısına sahip nesnelerin İnternet cihazları, IoT ağında kendilerini güvenceye alabilmektedir. Her iki cihaz da üçüncü bir otoriteye bağlı kalmaksızın mesaj değişimini etkinleştirmek için aralarındaki karşılıklı dijital imzaları ve akıllı sözleşmeleri kullanabilmektedir.

Blokszinciri ve Nesnelerin İnterneti (IoT) doğal bir kombinasyondur. Blokszinciri dağıtık bir teknolojidir ve IoT ağları genellikle dağıtık kaynaklardan veri toplamak için kullanılmaktadır (Shafagh, H., Burkhalter, L., Hithnawi, A., & Duquennoy, S., 2017, November). Blokszinciri teknolojisi, kuruluşların nesnelerin interneti cihazları aracılığıyla topladıkları verileri ve nesnelerin birbiriyle etkileşimlerini değiştirememekte ve şeffaf bir kitapta tutmalarını sağlamaktadır. Güvenlik özellikleri ve kriptografik uygulamalara ek olarak, blokszinciri teknolojisi, makineden makineye operasyonlar için ideal bir platform sunmaktadır (Hartman, W. T., Hansen, A., Vasquez, E., El-Tawab, S., & Altaai, K. 2018, April). Blokszinciri teknolojisi, doğru ve güvenli işlemeyi kolaylaştıran bir teknoloji olduğundan, hesap verebilirliği, veri doğruluğu ve güvenliği sağlamak için IoT ile entegrasyon yapmak en doğru yöntemlerden olmaktadır.

3. Nesnelerin İnterneti(IoT) ve Kullanım Alanları

Nesnelerin interneti (IoT), herhangi bir fiziksel cihazın internete ve diğer bağlı cihazlara bağlanma kavramıdır. IoT, veri toplayan ve paylaşan, birbirine bağlı şeylerden ve insanlardan oluşan dev bir ağıdır. Nesnelerin interneti tüm şekil ve büyüklükteki sınırsız sayıda nesneyi içermektedir (Khan, S., Parkinson, S., & Qin, Y., 2017). Hava durumuna göre evin ısınısını ayarlayan akıllı ev sistemlerinden, yorgunluk, iştah ve tansiyon hakkındaki verilere anında erişim sağlayarak veri alan ve bu verilerin toplanıp doktorlara iletilmesini sağlayan akıllı saatlere; havuzun kirlilik oranını ölçüp dezenfekte eden akıllı havuz sistemlerinden, müşterilerin alışkanlıklarına tercihlerine göre yönlendirme yapabilen akıllı alışveriş sistemlerine kadar hayatımızın her bir alanına IoT dahil olabilmektedir.

Sensörlü cihazlar ve nesneler, farklı cihazlardan gelen verileri birleştirerek ve ardından bu verilerden en uygun ve değerli bilgileri ihtiyaca uygun uygulamalar için paylaşmak amacıyla değerlendirerek nesnelerin interneti platformuna bağlanabilmektedirler. Bu tür güçlendirilmiş IoT platformları, bilgilerin yararlı olup olmadığına veya kullanılabilirlik durumunu kesin olarak belirleyebilmektedirler (Bittencourt, L., Immich, R., Sakellariou, R., Fonseca, N., Madeira, E., Curado, M., ... & Rana, O., 2018). Örneğin bir mobilya üretim işinde, hangi isteğe bağlı bileşenlerin (koltuk kumaşlarının yapısı, rengi, mobilyaların bileşen türü) en popüler olduğunu belirleyerek üretimi bu verilere göre yapılabilmektedir. Diğer bir örnekte marketler olabilir. Marketlerde raflara yerleştirilecek sensörler ile hangi ürünün

daha çok satıldığı tespit edilerek, zamandan ve masraftan tasarruf edilerek yerleştirme veya satış politikası uygulanabilmektedir (Ferrag, M. A., Derdour, M., Mukherjee, M., Derhab, A., Maglaras, L., & Janicke, H., 2018). Verilebilecek sayısız örnekle anlaşılıyor ki, gelişmiş analitiklerin sağladığı iç görü sayesinde süreçleri daha verimli hale getirme gücü gelmektedir. Akıllı nesnelere ve sistemler sayesinde kendini tekrarlayan, sıradan, zaman alan ve hatta bazen tehlikeli durumlar yaratabilen nesnelere veya sistemlere otomatik hale getirilerek problemleri çözebilmektedir.

Nesnelerin interneti hayatımızda pek çok kullanım alanında faydalar sağlamaktadır. Fakat bu faydaların yanında getirdiği bazı tehlikeli durumlar da olabilmektedir. Bu durumların en başında güvenlik sorunu gelmektedir. Günümüzde pek çok veri, nesnelere arasında IoT ile paylaşılmaktadır. Paylaşılan milyonlarca veri basit yöntemlerle korunmakla birlikte, saldırılara karşı savunmasız bir mimari üzerinde durmaktadır (Schaffers, H., Komninos, N., Pallot, M., Trousse, B., Nilsson, M., & Oliveira, A., 2011, May). Hızla gelişen ve hayatımıza giren IoT ile, güvenlik eksiklerinden ötürü, bu konudaki çözümler de hızla artmakta ve uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden biri Sis Bilişim (Fog Computing) 'dir. Sis bilişimi, veri ve uygulamalar dahil olmak üzere kaynakların, veri kaynağı ile bulut arasındaki mantıksal yerlere yerleştirildiği, merkezi olmayan bir bilişim yapısını ifade etmektedir (Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M., 2014). Günümüzün bağlantılı dünyası için, düşük gecikme süresi ve güvenilir çalışmayı mümkün kılan, kalıcı bulut bağlantısı ihtiyacını ortadan kaldıran sis (fog), nesnelere interneti, yapay zekâ ve sanal

gerçeklik kullanım durumlarını kontrol etmek için önemli bir mimaridir (Park, E., del Pobil, A., & Kwon, S., 2018).

Sis bilişimde veri güvenliği, alınan verilerin anlık işlenmesiyle sağlanmaktadır. Özellikle hacker saldırıların da zamanın çok önemli olduğundan dolayı, sis teknolojisi önemli bir hizmet sunmaktadır. Ayrıca sis bilişim blokzinciri teknolojisi ile kimlik doğrulama ve şifreleme teknikleri uygulayarak işlemleri güvence altına almaktadır (Marwala, T., & Xing, B., 2018).

3.1. Akıllı Şehir Sistemlerinde Nesnelerin İnterneti Kullanımı

Kentsel alanlara hareket eden insanların artan eğilimi ve buna bağlı kentleşme süreci, vatandaşların enerji, su, ulaşım, sağlık, eğitim, güvenlik konusundaki ihtiyaçlarını karşılayabilmek için şehir altyapılarına ilişkin zorluklarla yüzleşmeyi gerektirmektedir. Akıllı kentsel teknolojiler, akıllı şehirleri gerçeğe dönüştüren, şehirlerin sürdürülebilir kalkınmasına önemli bir katkı sağlamaktadır (Litke, A., Anagnostopoulos, D., & Varvarigou, T., 2019). Ev Otomasyonu kavramı, yeni teknolojiler ve yeni akıllı kullanıcılar ile ilişkili olarak düşünülmekte ve ev artık tek bir varlık olarak değil, yeni şehir kavramının temel bir parçası olarak kabul edilmektedir. Akıllı şehirler fikri son derece hızlı geliyor, akıllı şebekeyi, hizmetleri, binaları, evi ve cihazları entegre ediyor, bu alt sistemler daha iyi bir yaşam kalitesi, sürdürülebilirlik, enerji tasarrufu sağlamak için uzaktan, iş birliği içinde etkileşime girebilmeli, bağlanabilmeli ve kontrol edebilmelidir, sosyal ve ekonomik gelişmektedir (Tian, F., 2016, June). Akıllı

şehirleşmenin yaygınlığı, büyük ölçüde kullanıcıların, nesnelerin internetini anlama ve kullanma yeteneklerine bağlanmaktadır. Yeni teknolojiler kullanarak bir akıllı şehir inşa etmek için gerekli adım olan ve yinelenebilir bir model için IoT ve blokzinciri teknolojisi yaklaşımına dayanan bir platforma entegre edilmiş, verimli bir enerji yönetim sisteminin rolü olan ve uygulanabilen bir akıllı bölge modeli tasarlanmıştır (Dorri, A., Kanhere, S. S., Jurdak, R., & Gauravaram, P., 2017, March).

3.2. Akıllı Ev Sistemlerinde Blokzinciri ve Nesnelerin İnterneti Kullanımı

Akıllı ev sistemlerinde cihazlar birbirine bağlanarak bir merkez üzerinden iletişim kurabilmektedirler. Kapı kilitleri, televizyonlar, termostatlar, kameralar, ışıklar, buzdolabı gibi cihazlar tek bir ev otomasyon sistemi üzerinden kontrol edilebilmektedir. Bu tüm cihazlar birbirlerine IoT (Nesnelerin İnterneti) ile bağlanmaktadır (Atzori, M., 2015). Nesnelerin internet güvenliği ve gizliliği, büyük ölçüde önem taşımaktadır. Bunun en önemli sebeplerinde birisi, IoT kontrolünü ele alan bir saldırgan evin tüm sistemini ele geçirebilmekte ve kontrolü kendi üzerinde toplayabilmektedir. Özellikle IoT için güvenlik önemli derece de sorun olmaktadır çünkü IoT ağlarının büyük ölçekli ve dağınık bir yapıdadır. Blokzinciri tabanlı yaklaşımlar merkezi olmayan güvenlik ve gizlilik sağlamaktadır. Her akıllı ev, ev içindeki ve dışındaki tüm iletişimi sağlamaktan sorumlu “madenci” olarak bilinen, her zaman çevrimiçi, yüksek kaynaklı cihazlarla

donatılmaktadır. Bu şekilde tüm sistemlerin güvenliği sürekli olarak denetlenerek kontrollü sistem yapısı oluşturulmaktadır.

3.3. Tarımda Blokzinciri ve IoT Kullanımı

Tarım, yatırımcılar tarafından desteklenen yeni bir teknoloji devrimi geçirmektedir. Yapay zekâ, robotik ve nesnelerin interneti gibi akıllı teknolojiler, artan ve daha ekonomik verimlilik elde edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Tarım 4.0 devri sürdürülebilir tarımın geliştirilebilmesi için ortaya çıkan teknolojinin sağlam temellere sahip olması ve yenilikçi yönlerinin aktif olarak şekillendirilebilir olması gerekmektedir.

Blok zincir teknolojisi mahsullerin izlenebilirliğini bakımından güvenli bir ortam sunmaktadır. Temel olarak, bir blokzinciri defteriyle, ekimden teslimata kadar mahsullerin durumu öğrenilebilmektedir. Bununla birlikte her bilgi gerçek zamanlı olarak güvenli ve erişilebilir olmaktadır. Çoğu üreticinin bildiği gibi, bugünün tüketicileri organik gıdalarla daha fazla ilgilenmektedir (Lin, Y. P., Petway, J., Anthony, J., Mukhtar, H., Liao, S. W., Chou, C. F., & Ho, Y. F., 2017). Bunun sonucu çiftçiler bu gıdalara dahil olan tedarik zincirinin uygun dokümantasyonunu sağlayabilirlerse beklentilerini karşılama şansları daha yüksektir. Yani temel olarak, gıda güvenliği bir zorunluluktur.

Nesnelerin interneti cihazlarının ve teknolojilerinin benimsenmesinde son zamanlarda görülen artış, tarım ve gıda tedarik zincirlerine ulaşarak güvenilirlik, denetlenebilirlik ve şeffaf izlenebilirlik

sistemleri geliştirmeye yönelik önemli araştırma ve inovasyon ilgisini ortaya çıkarmaktadır. Gıda tedarik zincirleri için mevcut IoT tabanlı izlenebilirlik sistemleri, merkezi altyapıların üzerine inşa edilmiştir. Bu durum veri bütünlüğü için çözümlememiş sorunlara ve endişelere yer açmaktadır (Christidis, K., & Devetsikiotis, M., 2016). Blokzinciri tabanlı sistemlerle oluşturulan dağıtılmış muhasebe teknolojisi, merkezi olmayan güvensiz sistemleri çözümlemeye yönelik yeni ve yenilikçi bir teknolojik yaklaşımı temsil etmektedir. Ayrıca bu dijital teknolojinin özellikleri, gizli işlem kayıtlarının hata toleransı, değişmezliği, şeffaflığı ve tam izlenebilirliğinin yanı sıra fiziksel varlıkların ve otonom işlem uygulamalarının tutarlı dijital gösterimini sağlamaktadır (Litke, A., Anagnostopoulos, D., & Varvarigou, T., 2019).

Tarımda, gıda güvenliği ve işlem sürelerinin iyileştirilmesi için Blokzinciri IoT ile kullanılmaktadır. Özellikle akıllı tarım olarak sınıflandırdığımız tarımda yeni teknolojiler, IoT'nin yanında blokzinciri teknolojisinin de katılmasıyla daha da güvenli ve sistematik bir hal almaktadır (Ge, L., Brewster, C., Spek, J., Smeenk, A., Top, J., van Diepen, F., ... & de Wildt, M. D. R., 2017). Blokzinciri ve IoT teknolojilerinin tarımsal ticaret sektörüne uygulanması, tarım sektörünün karşılaştığı sorunların çoğunu çözerken, etkili bir işlem aracı oluşurmaktadır (Ali, M. S., Vecchio, M., Pincheira, M., Dolui, K., Antonelli, F., & Rehmani, M. H., 2018).

Blokzinciri ve IoT entegrasyonun tarımdaki örneklerinden biri olan Londra merkezli Fieldcoin, blokzinciri tabanlı, IoT teknolojisiyle

harmanlanmış tarımda kullanılan yeni bir teknolojidir. Dronlardan faydalanarak arazi izlemesini yapmak, blokzinciri teknolojisinin sağladığı akıllı sözleşme, veri tabanları ve sahipliği düzenleyen token ERC721 ile ERC20 blokzinciri ağ teknolojisiyle en önemli yenilikleri kullanıcılara sunmaktadır (Maalel, N., Natalizio, E., Bouabdallah, A., Roux, P., & Kellil, M., 2013, May).

Blokzinciri teknolojisi, güven sağlamayan taraflar arasında işlem yapmak için güvenli ve dağıtılmış bir yol sağlayabildiğinden birçok avantaj sunmaktadır. Bu ham madde üretiminden süpermarket rafına kadar çok sayıda aktörün dahil olduğu tarım ve gıda tedarik zincirlerinde kilit unsurdur olmaktadır (Bronson, K., 2019). Değer zincirlerinde izlenebilirliği arttırmak için merkezi olmayan bir defter, farklı programlar, farklı kurallar(politikalar) ve farklı uygulamalar kullanan girdiler, tedarikçiler, üreticiler, alıcılar, birbirinden uzaktaki düzenleyicileri birbirine bağlamaya yardımcı olmaktadır. Blokzinciri ile nesnelerin interneti, sosyal ve çevresel sorumluluğu izleme, kaynak bilgilerini geliştirme, mobil ödemeleri, kredileri ve finansmanı sağlama, işlem ücretlerini azaltma ve tedarik zinciri işlemlerinin güvenli ve güvenilir bir şekilde gerçek zamanlı yönetimini kolaylaştırma potansiyeline sahip olmaktadır (Srinidhi, N. N., Kumar, S. D., & Venugopal, K. R., 2018).

4. Blokzinciri ve Nesnelerin İnterneti Entegrasyonundaki Zorluklar

Blokzinciri teknolojisinin IoT ile entegrasyonu oldukça önemli bir işlem olmaktadır. Blokzinciri, güçlü bilgisayarlara sahip bir internet senaryosu için tasarlanmıştır fakat IoT bu gerçekten uzaktır. Blokzinciri işlemleri dijital olarak imzalanmıştır ve bu nedenle para birimiyle çalışabilen cihazların bu işlemlerle donatılması gerekmektedir (Panarello, A., Tapas, N., Merlino, G., Longo, F., & Puliafito, A., 2018). Blok zincirini nesnelerin internetine dahil etmek zordur. Bu zorluklardan birkaçına örnek verilecektir. Blok zincirin depolama kapasitesi ve ölçeklenebilirliği konusundaki zorluklarıyla, IoT uygulamaları bağlamında içsel kapasite ve ölçeklenebilirlik sınırlamaları bu zorlukları daha büyük hale getirmektedir. Bu anlamda, blok zincir IoT uygulamaları için uygun görünmeyebilir, ancak bu sınırlamaların tamamen ortadan kaldırılabilmesi veya tamamen önlenilebileceği yollar vardır (Miraz, M. H., & Ali, M., 2018). Cihazların gerçek zamanlı olarak veri üretebildiği IoT’de bu sınırlama, blok zinciri ile entegrasyonunda büyük bir engel teşkil etmektedir. Bazı mevcut blok zinciri uygulamalarının saniyede yalnızca birkaç işlemi işleyebileceği bilinmektedir. Bu nedenle IoT için potansiyel bir engel olabilmektedir. Ayrıca, blok zinciri, IoT’de üretilenler gibi büyük miktarda veri depolamak için tasarlanmamıştır. Bu teknolojilerin entegrasyonu bu zorluklarla başa çıkmalıdır (Atlam, H. F., Alenezi, A., Alassafi, M. O., & Wills, G., 2018).

IoT uygulamaları, farklı seviyelerdeki güvenlik problemleriyle uğraşmak zorundadır, ancak performans yetersizliği ve cihazların yüksek çeşitliliği nedeniyle ek bir karmaşıklığa sahip olmaktadır. Ek olarak, IoT senaryosu mobilete, kablosuz iletişim veya ölçek gibi güvenliği etkileyen bir dizi özellik içermektedir (Dwivedi, A. D., Srivastava, G., Dhar, S., & Singh, R., 2019). IoT ağlarına artan saldırı sayısı ve bunların ciddi etkileri, gelişmiş güvenli bir IoT oluşturmayı daha da gerekli kılmaktadır. Pek çok uzman, blok zinciri IoT'de ihtiyaç duyulan güvenlik iyileştirmelerini sağlamak için kilit bir teknoloji olarak görmektedir. Ancak, IoT'nin blokzinciri ile entegrasyonundaki ana zorluklardan biri IoT tarafından üretilen verilerin güvenilirliğidir. Blokzinciri, zincirdeki verilerin değişmez olmasını sağlayabilmekte ve dönüşümlerini tanımlayabilmektedir. Bununla birlikte, veriler zaten blokzinciri içinde bozulmuşsa, bozulmuş olarak kalmaktadırlar. Bu sebeple, IoT cihazları blok zinciri ile entegrasyonlarından önce iyice test edilmeli ve cihaz arızalarını en kısa sürede tespit etmek için teknikler geliştirilmenin yanı sıra, fiziksel hasarları önlemek için doğru yere yerleştirilmelidir (Atlam, H. F., Alenezi, A., Alassafi, M. O., & Wills, G., 2018).

5. SONUÇ

Güvenlik odaklı teknolojiler her zaman büyük tartışmalara neden olmaktadır. Birçok sanal para birimi olmasına rağmen, bitcoin, etherium gibi blokzinciri destekli teknolojinin önemli bir teknolojik devrim olduğu inkâr edilemez görünmektedir (Pilkington, M., 2016). Bununla birlikte, teknoloji çalışmasını yeterince güvence altına almaksızın değiştirmek veya maliyetin gelişmeyi telafi etmeyeceği senaryolara uygulamak, birinin kolayca düşebileceği risklerdir. Bu nedenle, blok zinciri IoT'ye uygulamanın faydaları dikkatlice analiz edilmeli ve dikkatle alınmalıdır. Çalışmada, blok zinciri ve nesnelerin internetinin birlikte çalışabilmeleri için ele alınması gereken temel zorlukların bir analizi de sunulmuştur. Blokzinciri teknolojisinin IoT uygulamalarını iyileştirmeye yardımcı olabileceği kilit noktaları belirlenmiştir. IoT cihazlarında blokzinciri düğümlerinin kullanılmasının uygulanabilirliği, farklı sektörler örnek gösterilerek anlatılmıştır. Çalışmayı tamamlamak için mevcut platformlar ve uygulamalar da incelenmiştir. Böylece blokzinciri teknolojisi ile IoT paradigması arasındaki etkileşimin tam bir görünümünü sunulmuştur.

Blokzinciri teknolojisinin nesnelerin internetinde devrim yapması beklenmektedir. Bu iki teknolojinin entegrasyonu bu çalışmada belirtilen zorluklar göz önüne alınarak ele alınmalıdır. Yönetmeliklerin benimsenmesi, blok zinciri ve IoT' nin devlet altyapılarının bir parçası olarak dahil edilmesinin anahtarıdır (Bhattacharjee, S., 2019). Bu benimseme vatandaşlar, hükümetler ve şirketler arasındaki etkileşimi hızlandıracaktır. Konsensüs, IoT'nin

madencilik süreçlerinin bir parçası olarak dahil edilmesinde ve daha fazla blokaj dağıtılmasında kilit bir rol oynayacaktır. Bununla birlikte, veri güveniyle gömülü aygıtların dahil edilmesini kolaylaştırma arasında bir eş güdüm ortaya çıkabilmektedir. Her iki teknolojiyi de etkileyen ölçeklenebilirlik ve depolama kapasitesinin ötesinde, IoT ve blokzinciri' nin olabileceği kritik teknolojilerin güvenliğini ve gizliliğini sağlamak için araştırmalar yapılmalıdır. Blokzinciri ve özellikle de kripto para birimleri ile ilgili ana kaygılardan biri, insanların bu durumdan haksız şekilde faydalanabilmeleridir. IoT ve blokzinciri'in entegrasyonu, blokzinciri kullanımını büyük ölçüde artıracaktır.

KAYNAKÇA

- Ali, M. S., Vecchio, M., Pincheira, M., Dolui, K., Antonelli, F., & Rehmani, M. H. (2018). Applications of blockchains in the Internet of Things: A comprehensive survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(2), 1676-1717.
- Atlam, H. F., Alenezi, A., Alassafi, M. O., & Wills, G. (2018). Blockchain with internet of things: Benefits, challenges, and future directions. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 10(6), 40-48.
- Atzori, M. (2015). Blockchain technology and decentralized governance: Is the state still necessary?. Available at SSRN 2709713.
- Banerjee, A. (2018). Blockchain technology: supply chain insights from ERP. In *Advances in Computers* (Vol. 111, pp. 69-98). Elsevier.
- Bittencourt, L., Immich, R., Sakellariou, R., Fonseca, N., Madeira, E., Curado, M., ... & Rana, O. (2018). The internet of things, fog and cloud continuum: Integration and challenges. *Internet of Things*.
- Bhattacharjee, S. (2019). Living in Future: Prospects and Applications of Artificial Intelligence in Manufacturing Industries. *Indian Journal of Computer Science*, 4(3), 15-23.
- Boulos, M. N. K., Wilson, J. T., & Clauson, K. A. (2018). Geospatial blockchain: promises, challenges, and scenarios in health and healthcare.

- Bronson, K. (2019). Looking through a responsible innovation lens at uneven engagements with digital farming. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*.
- Castor, A., (2017). A (Short) Guide to Blockchain Consensus Protocol. *Coin (Asaph Azaria, 2016) desk*, [https://www.coindesk.com/short-guide-blockchain-consensus-protocols/\(\)](https://www.coindesk.com/short-guide-blockchain-consensus-protocols/)
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE Access*, 4, 2292-2303.
- Conoscenti, M., Vetro, A., & De Martin, J. C. (2016, November). Blockchain for the Internet of Things: A systematic literature review. In *2016 IEEE/ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)* (pp. 1-6). IEEE.
- David, M., & DeCapua, T. (2018). *Blockchain for the Enterprise: A visual guide to Blockchain and Distributed Ledger Technologies for Business Leaders*. Independently published.
- Debus, J. (2017). Consensus methods in blockchain systems. Frankfurt School of Finance & Management, Blockchain Center, Technical report, 1-58.
- Dorri, A., Kanhere, S. S., Jurdak, R., & Gauravaram, P. (2017, March). Blockchain for IoT security and privacy: The case study of a smart home. In *2017 IEEE international conference on pervasive computing and communications workshops (PerCom workshops)* (pp. 618-623). IEEE.
- Dujak, D., & Sajter, D. (2019). Blockchain applications in supply chain. In *SMART Supply Network* (pp. 21-46). Springer, Cham.

- Dwivedi, A. D., Srivastava, G., Dhar, S., & Singh, R. (2019). A decentralized privacy-preserving healthcare blockchain for iot. *Sensors*, 19(2), 326.
- Fabian, B., Ermakova, T., Krah, J., Lando, E., & Ahrary, N. (2018). Adoption of security and privacy measures in bitcoin–stated and actual behavior. *Available at SSRN 3184130*.
- Ferrag, M. A., Derdour, M., Mukherjee, M., Derhab, A., Maglaras, L., & Janicke, H. (2018). Blockchain technologies for the internet of things: Research issues and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), 2188-2204.
- Ge, L., Brewster, C., Spek, J., Smeenk, A., Top, J., van Diepen, F., ... & de Wildt, M. D. R. (2017). Blockchain for agriculture and food: Findings from the pilot study (No. 2017-112). Wageningen Economic Research.
- Hartman, W. T., Hansen, A., Vasquez, E., El-Tawab, S., & Altaii, K. (2018, April). Energy monitoring and control using Internet of Things (IoT) system. In 2018 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS) (pp. 13-18). IEEE.
- Heath, N. (2018). What is AI? Everything you need to know about artificial intelligence. ZDNet, available at: <https://www.zdnet.com/article/what-is-ai-everything-you-need-to-know-about-artificial-intelligence/> (accessed 23.09. 2018).

- Helo, P., & Hao, Y. (2019). Blockchains in operations and supply chains: A model and reference implementation. *Computers & Industrial Engineering*, 136, 242-251.
- Ølnes, S., Ubacht, J., & Janssen, M. (2017). Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing.
- Keyhole Software (2018). Quality Consulting. Knowledge Transfer, <https://keyholesoftware.com/wp-content/uploads/Blockchain-For-The-Enterprise-Keyhole-White-Paper.pdf> (accessed 20.09.2018).
- Khan, M. A., & Salah, K. (2018). IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, 82, 395-411.
- Khan, S., Parkinson, S., & Qin, Y. (2017). Fog computing security: a review of current applications and security solutions. *Journal of Cloud Computing*, 6(1), 19.
- Khan, M. A., & Salah, K. (2018). IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, 82, 395-411.
- Kokina, J., Mancha, R., & Pachamanova, D. (2017). Blockchain: Emergent industry adoption and implications for accounting. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 14(2), 91-100.
- Kuo ,T.-T., Kim, H.-E. and Ohno-Machado, L. (2017). Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care

- applications. *J Am Med Inform Assoc*, No. 24 , p. 1211-1220, 10.1093/jamia/ocx068
- Litke, A., Anagnostopoulos, D., & Varvarigou, T. (2019). Blockchains for Supply Chain Management: Architectural Elements and Challenges Towards a Global Scale Deployment. *Logistics*, 3(1), 5
- Lin, Y. P., Petway, J., Anthony, J., Mukhtar, H., Liao, S. W., Chou, C. F., & Ho, Y. F. (2017). Blockchain: The evolutionary next step for ICT e-agriculture. *Environments*, 4(3), 50.
- Linn, L. A., & Koo, M. B. (2016). Blockchain for health data and its potential use in health it and health care related research. In *ONC/NIST Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop. Gaithersburg, Maryland, United States: ONC/NIST* (pp. 1-10).
- Maalel, N., Natalizio, E., Bouabdallah, A., Roux, P., & Kellil, M. (2013, May). Reliability for emergency applications in internet of things. In *2013 IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems* (pp. 361-366). IEEE.
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communica.*
- Marwala, T., & Xing, B. (2018). Blockchain and artificial intelligence. *arXiv preprint arXiv:1802.04451*.
- Mattila, J., Seppälä, T., & Holmström, J. (2016). Product-centric information management: A case study of a shared platform with blockchain technology.

- Mendling, J., Weber, I., Aalst, W. V. D., Brocke, J. V., Cabanillas, C., Daniel, F., ... & Gal, A. (2018). Blockchains for business process management-challenges and opportunities. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 9(1), 4.
- Miraz, M. H., & Ali, M. (2018). Applications of blockchain technology beyond cryptocurrency. arXiv preprint arXiv: 1801.03528.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.
- Munir, R. (2006). Kriptografi. *Informatika, Bandung*.
- Panarello, A., Tapas, N., Merlino, G., Longo, F., & Puliafito, A. (2018). Blockchain and iot integration: A systematic survey. *Sensors*, 18(8), 2575.
- Park, E., del Pobil, A., & Kwon, S. (2018). The role of internet of things (IoT) in smart cities: Technology roadmap-oriented approaches. *Sustainability*, 10(5), 1388.
- Pilkington, M. (2016). 11 Blockchain technology: principles and applications. *Research handbook on digital transformations*, 225.
- Shafagh, H., Burkhalter, L., Hithnawi, A., & Duquennoy, S. (2017, November). Towards blockchain-based auditable storage and sharing of IoT data. In *Proceedings of the 2017 on Cloud Computing Security Workshop* (pp. 45-50). ACM.
- Schaffers, H., Komninos, N., Pallot, M., Trousse, B., Nilsson, M., & Oliveira, A. (2011, May). Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation. In *The*

- future internet assembly (pp. 431-446). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Srinidhi, N. N., Kumar, S. D., & Venugopal, K. R. (2018). Network optimizations in the Internet of Things: A review. *Engineering Science and Technology, an International Journal*.
- Şen, M. T. (2019). *Medical Documentation Registration with Blockchain Technology*. Antalya: Antalya Bilim Üniveristesi.
- Tian, F. (2016, June). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. In 2016 13th international conference on service systems and service management (ICSSSM) (pp. 1-6). IEEE.
- Toulon, N. (2018). *The blockchain: opportunities and challenges for agriculture*.
- Types-of-Blockchains (t.y.). Data of receipt: 01.05.2019, address: <https://media.blockchainhub.net/wp-content/uploads/2016/07/Types-ofBlockchains-1.jpg>
- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1(1), 22-32.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017, June). An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. In 2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress) (pp. 557-564). IEEE.

BÖLÜM 4:

NANOPARTİKÜLLERİN PÜRÜZLÜ YÜZEYLERDE YAPIŞMA MUKAVEMETİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Sinan AYDIN¹

Doç. Dr. Ahmet FERTELLİ²

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği,
Sivas, Türkiye. sinancan@cumhuriyet.edu.tr

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği,
Sivas, Türkiye. fertelli@cumhuriyet.edu.tr

GİRİŞ

Malzemelerin yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmesi, mekanik bağlantı elemanları kullanılmasına kıyasla önemli avantajlar sağlar. Yapıştırıcı yük ve gerilimi tüm birleşim yüzeyine yayarak statik ve dinamik yüklerin düzgün dağılmasını sağlayarak gerilimin belli noktalarda yoğunlaşmasını engeller dolayısıyla yapıştırıcı ile gerçekleştirilmiş bir bağlantı, bükülme ve titreşime, mekanik yöntemle (örneğin perçin) yapılan bir bağlantıdan daha dayanıklıdır. Bir yapıştırıcının fiziksel ve kimyasal özellikleri, onun kohezyon (iç-yapışma) ve adhezyon (yüzeyle tutunma) kuvvetini belirler (Aydın 2012).

Lanlan vd. (2006), farklı nano parçacıklarının epoksi yapıştırıcı içerisine farklı oranlarda karıştırılması ile çelik plaka üzerinde oluşturulan bağlantının farklı yüzey pürüzlülük değerlerindeki mukavemetini incelemişlerdir. Çalışmalarında %2 Al_2O_3 nano parçacık içeren karışımın 150 kumluk zımpara ile parlatılan yüzeylerde elde edilen mukavemet değerinin nano parçacık kullanılmadığı durumlardakine oranla 5 kat daha fazla çıktığını tespit etmişlerdir.

Byung vd. (2008), nano partikül ile güçlendirilmiş epoksi kompozitin kırılma tokluğunu araştırdıkları çalışmalarında, oda sıcaklığı ($25^{\circ}C$) ve kriyojenik sıcaklıkta ($-150^{\circ}C$) deneyler yapmışlar; oda sıcaklığında nano parçacıkların kırılma tokluğunu artırdığını ancak kriyojenik sıcaklıkta kırılma tokluğunu azalttığını belirlemişlerdir.

Wolf vd. (2012), epoksi yapıştırıcı içerisine karbon nanotüp (CNT) ve SP1 adlı protein eklenerek elde edilen karışımın mekanik ve termal

özelliklerini araştırmışlardır. CNT/SP1 karışımında ağırlıkça %1 den fazla miktarda soyulma dayanımının %50 ve kesme dayanımının ise %24 oranında artış olduğunu belirtmişlerdir. Deneylerinden elde ettikleri SEM görüntülerinde ise ağırlıkça %0,7 oranında CNT/SP1 karışımında etkili yük aktarımı ve çatlak tutulması olduğunu ifade etmişlerdir.

Long-Cheng vd. (2013), grafen-epoksi kompozitlerde grafenin dağılımının mekanik özelliklere etkisini araştırmışlardır. İyi dağılım yapılmış karışımda yüksek cam geçiş sıcaklığı (T_g) ve dayanım elde etmişlerdir. Özellikle, epoksiye % 0,2 oranında iyi dağılmış bir grafen eklenmesi ile yaklaşık olarak T_g 11°C arttığını belirlemişlerdir. Kırılma tokluğunun grafenin iyi dağılım yapması ile %52, zayıf dağılımda ise %24 oranında artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Florian vd. (2005), tek duvarlı karbon nanotüp (SWCNT), çift duvarlı karbon nanotüp (DWCNT) ve çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) kullanılarak oluşturulan epoksi bazlı nano kompozitlerin mekanik özelliklerinin ve yüzey fonksiyonlarının değerlendirilmesini yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre ağırlıkça %0,5 oranında çift duvarlı karbon nanotüp (DWCNT) kullanılması ile sertlik artmış ve kırılma tokluğu %43 oranında artış göstermiştir.

Kuang-Ting vd. (2003), Grafit fiber / epoksi kompozit malzemeleri yapıştırmak için çok duvarlı karbon nanotüplerin farklı ağırlıktaki miktarlarını kullanarak ve kompozit plakalara kayma dayanımı testi uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre kullanılan nanotüp miktarının artırılmasıyla birlikte ortalama kayma dayanımında da artış

olduğunu belirtmişlerdir. En yüksek kayma dayanımının ağırlıkça %5 oranında karbon nanotüp kullanılmasıyla elde edildiğini ifade ederek bunun karbon nanotüp ilaveli yapıştırıcı bağlantılarında kompozit fiber grafit yüzeylerinde oluşan hasarlardan kaynaklandığını tespit etmişlerdir.

Sristava (2011), çok duvarlı karbon nanotüp ilave edilmiş epoksi yapıştırıcı ile birleştirilmiş C/C ve C/C-SiC seramik fiber kompozitlerin mukavemet analizlerini yapmış ve nano tüp kullanılması ile tokluk ve mukavemetin arttığını belirlemiştir.

Bu çalışmada metal bağlantıların yapıştırılmasında yaygın olarak kullanılan epoksi Akfix E300 yapıştırıcısına 9,5 nm çapında çok duvarlı karbon nanopartiküllerin % 1, %1,5 % 2 oranında katılması durumunda pürüzlü yüzeylerdeki yapışma mukavemeti incelenmiştir.

YÖNTEM

Bu çalışmada çok duvarlı karbon nanotüp eklenmiş epoksi metal yapıştırıcısı ile oluşturulan yapıştırma bağlantılarının pürüzlü yüzeylerdeki davranışını incelemek için adhezyon testleri yapılmıştır. Bu amaçla, çift bileşenli epoksi metal yapıştırıcı içerisine % 1, % 1,5 ve % 2 oranlarında çok duvarlı karbon nanopartiküller katılarak yapıştırıcının yapışma dirençleri incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda çift bileşenli epoksi metal yapıştırıcı, yüzeyi pürüzlü Alüminyum plaka, alüminyum dolly ve 9,5nm çapında çok duvarlı karbon nanopartikül kullanılmıştır.

Yapıştırıcı olarak çift bileşenli Akfix E300, suya dayanıklı plastik bir epoksi yapıştırıcı (sertlik 85 ± 5 Shore A) kullanılmıştır. Metal yüzeylerin yapıştırılmasında, alüminyum, cam, porselen, seramik vb. yüzeylerin yapıştırılmasında ve tamirinde, her türlü onarım gerektiren mobilya gibi ev eşyalarının tamirinde kullanılan bir yapıştırıcıdır. Seyreltik asitsi su ve alkali çözeltilere dayanıklıdır. Elektrik geçirmeyen ve sertleşme esnasında renk değişimi, çatlama, büzülme yapmayan bir yapıştırıcıdır. Kullanılan eloksalık alüminyum levha; çekme dayanımı $145-185 \text{ N/mm}^2$, akma dayanımı 110 N/mm olan 5005 alaşımında, H14/H24 sertliğinde ve $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 3\text{mm}$ boyutlarındadır.

Nanopartiküller; tek sıra karbon atomundan oluşan grafenin silindirik şeklinde bükülmesiyle elde edilen yapılardır. Basit bir biçime sahip olmalarına rağmen uzunluk ve çap değerleri değiştikçe fiziksel ve kimyasal özellikleri de değişmektedir. Deneylerde kullanılan nanopartiküller çok duvarlı yapıya sahiptir. Özellikleri; siyah renkte, ortalama çapı: 9.5 nm , boyu: $1.5 \mu\text{m}$, özgül yüzey alanı: $250-300 \text{ m}^2/\text{g}$, saflığı: ağırlıkça $>90\%$ dır.



Şekil 1. Deney malzemeleri

Şekil 1’de gösterilen Alüminyum levha ve dolly için yapıştırma işleminden önce yüzey hazırlık ve temizleme işlemleri uygulanmıştır. Bu işlemlerde ilk olarak Al levha yüzeyi C-60 kumlu silikon karpit kalın zımpara ile pürüzlendirilmiştir. Bu işlemin ardından deney numuneleri, üzerinde bulunan kir, yağ ve toz vs. gibi yabancı maddelerin temizlenmesi için aseton ile yıkama ve durulama yapılmıştır. En son işlem olarak etüv içerisinde 50 °C de 30 dakika kurutma işlemi yapılarak levhalar yapıştırma işlemine hazır hale gelmiştir.

Nanopartikül katkılı yapıştırıcıların hazırlanması için; temiz beher içerisine epoksi ve ağırlıkça (%1, %1,5 ve %2) oranında nanopartikül ve epoksi miktarının iki katı kadar aseton eklenerek ultrasonik karıştırıcıda 30 KHz frekansta 10 dakika karıştırma yapılmıştır. Karışım içindeki asetonun buharlaşması için 30°C etüv içerisinde bekletilmiştir. Son işlem olarak epoksi+ nanopartikül karışımı üzerine

epoksi sertleştirici eklenerek mekanik karıştırıcıda 5 dakika düşük devirde karıştırma işlemi yapılmıştır.

Yapıştırma direnci, ASTM D 4541 ve ISO 4624 standartlarına göre Positest Pull-off adhezyon cihazı (Şekil 2) ile adhezyon testlerinin yapılmasıyla ölçülmüştür. Ortalama bir değer elde edebilmek için her koşul için 5 numune test edilmiştir (Aydın ve Fertelli 2018).

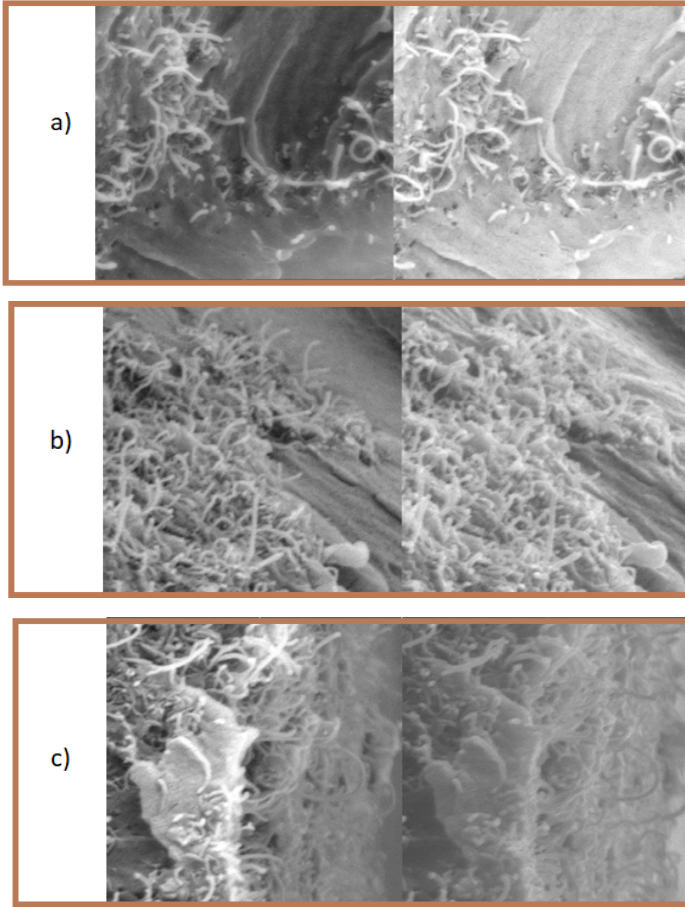


Şekil 2. Adhezyon Pull-off test cihazı

BULGULAR

Yapılan deney sonuçlarının SEM görüntüleri Şekil 3’de verilmiştir. Tüm oranlarda epoksi yapıştırıcı içerisine partiküllerin homojen olarak dağıldığı görülmektedir. Bu karıştırma işleminin olması gerektiği gibi topaklanma olmadan tam olarak yapıldığı anlamına gelmektedir. Test sonrası yapıştırma bağlantısı alüminyum levha ve dolly’den malzeme koparacak kadar güçlü olmadığından sadece

yapıştırıcı tabakasından kopmalardan meydana gelen kohezyon hasarı oluşmuştur. Nanopartiküllerin katılmasıyla yapıştırıcı, pürüzlü yüzeyler üzerinde daha iyi tutunma sağlayarak alüminyum yüzeyle oluşan bağlardan dolayı saf hale kıyasla daha güçlü yapışma özelliği kazanmıştır.

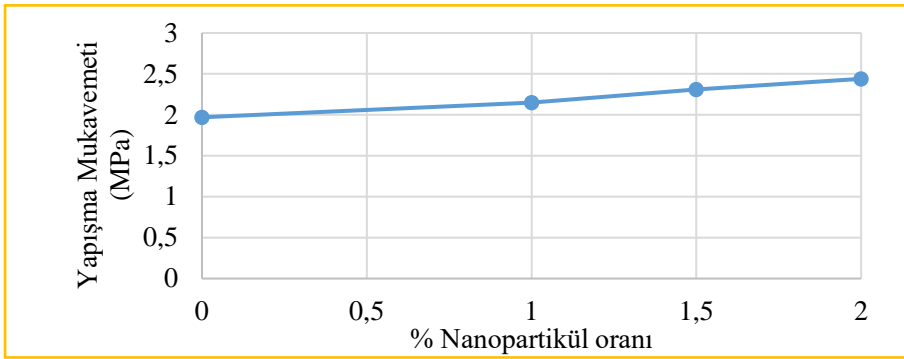


Şekil 3. Nanopartikül katkılı yapıştırma bağlantılarına ait SEM görüntüleri a)% 1 oran b)% 1,5oran c)%2 oran

Katkısız ve nanopartikül katkıli olarak yapıştırılmış dolly ve alüminyum levhalar ile yapılan testler sonucunda elde edilen değerler Çizelge 1 ve Şekil 4’de gösterilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi karbon nanopartikül oranının %1’den %2’ye kadar 3 farklı oranda artırılmasıyla yapışma mukavemeti artmaktadır. Dolly ile levha katkısız epoksi ile yapıştırıldığında, yapışma mukavemeti 1,97MPa iken bu değer %1 nanopartikül ilaveli yapıştırıcı olduğunda 2,15MPa, %2 nanopartikül ilaveli yapıştırıcı olduğunda ise 2,44 MPa’a kadar artmaktadır (Şekil 4). %2 nanopartikül katılması ile yapışma mukavemetinde % 23 artış sağlanmıştır.

Çizelge 1. Nanopartikül oranları ve yapışma mukavemet değerleri

Yüzde oranlar	Yapışma Mukavemeti (Mpa)
%0	1,97
%1	2,15
% 1,5	2,31
%2	2,44



Şekil 4. Nanopartikül oranına bağlı olarak yapışma mukavemetinin değişimi

SONUÇ

Çalışmada, yüzeyi 60 kumluk (#60) zımpara ile pürüzlendirilmiş alüminyum levha ve dolly nanopartikül katılmadan ve 9,5 nm çapındaki çok duvarlı karbon nanopartikül katılarak yapıştırılmıştır. Epoksi çift bileşenli yapıştırıcı içerisine %1, %1,5 ve %2 oranlarında çok duvarlı karbon nanopartikül eklenerek oluşturulan bağlantıların yapışma dirençleri incelenmiştir. Deneyle sonuçunda, yapıştırıcıya katılan ağırlıkça nanopartikül % oranlarının artırılmasıyla yapışma direncinin arttığı görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğünün fazla olması yapıştırıcının yüzeye daha iyi tutunmasını sağlayarak yapışma dayanımının artmasına sebep olmuştur. En yüksek yapışma dayanımı %2 oranında nanopartikül katılmış yapıştırıcı karışımı için elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) tarafından TEKNO-008 proje numarası ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Aydın, S. (2012). Yapıştırıcı İle Birleştirilmiş Prizmatik Geçmeli Bağlantıların Mekanik Analizleri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Aydın, S., Fertelli, A. (2018). Nanopartikül ve Yüzey Pürüzlülüğünün Yapışma Mukavemetine Etkilerinin İncelenmesi. *Academic Perspective Procedia*, 1 (1), 1164-1170. DOI: 10.33793/acperpro.01.01.186
- Byung Chul, K., Sang Wook, P., Dai Gil, L. (2008). Fracture toughness of the nano-particle reinforced epoxy composite. *Composite Structures*, 86, 69–77.
- Florian, H.G., Malte, H.G.W., Bodo, F., Karl, S. (2005). Influence of different carbon nanotubes on the mechanical properties of epoxy matrix composites – A comparative study. *Composites Science and Technology*, 65, 2300–2313.
- Kuang-Ting, H., Justin, A., Suresh, G. A. (2003). Use of epoxy/multiwalled carbon nanotubes as adhesives to join graphite fibre reinforced polymer composites. *Nanotechnology*, 14, 791–793.
- Lanlan, Z., Guoping, L., Jian, Li., Youwen, W. (2003). The effect of nanoparticles on the adhesion of epoxy adhesive, *Materials Letters*, 60, 3031–3033.

Long-Cheng, T., Yan-Jun, W., Dong, Y., Yong-Bing, P., Li, Z., Yi-Bao, L., Lian-Bin, W., Jian-Xiong, J., Guo-Qiao, L. (2013). The effect of graphene dispersion on the mechanical properties of graphene/epoxy composites, *Carbon*, 60, 16–27.

Wolf, A., Buchman, A., Eitan, A., Fine, T., Nevo, Y., Heyman, A., Shoseyov, O. (2012). Improved Adhesives Containing CNT/SP1 Nano Fillers, *The Journal of Adhesion*, 88, 435–451.

V.K., Srivastava. (2011). Effect of carbon nanotubes on the strength of adhesive lap joints of C/C and C/C–SiC ceramic fibre composites, *International Journal of Adhesion&Adhesives*, 31, 486–489.

BÖLÜM 5:

SbTeI BİLEŞİĞİNİN ELEKTRONİK YAPISININ BASINÇ ALTINDA İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Dr. Tahsin ÖZER¹

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bahçe Meslek Yüksekokulu,
Bahçe/Osmaniye/Türkiye. tahsinozer@osmaniye.edu.tr,
ORCID, <http://orcid.org/0000-0003-0344-7118>

GİRİŞ

$A^5B^6C^7$ yarıiletken bileşiklerin bir sınıfını temsil etmektedir. Buradaki **A**: As, Bi, Sb, **B**: O, S, Se, Te, **C**: Br, Cl, F, I atomlarını, 5, 6 ve 7 sayıları; atomların periyodik tablodaki grup numaralarını göstermektedir. Bu sınıf bileşikler dış basınca karşı çok hassastırlar. Bu malzemeler, anizotropik yapıda olup, yüksek foto-iletkenlik gösterirler. Yasak bant aralıkları sıcaklığa çok duyarlıdırlar. Bu özelliklerinden dolayı optik ışık modülatör, elektro akustik-optik transformatörler, hassas düşük basınç ölçer gibi geniş uygulama olanaklarına sahiptirler (Audzjonis vd., 2006).

Çoğu $A^5B^6C^7$ yarıiletken bileşikler $D_{2h}^{16} - Pnam$ uzay grup simetri yapısında kristalleşirler. Birim hücreleri dört molekül içerir. Atomlar, c eksenini boyunca zincirler halinde düzenlenirler (Madelung, 2004). Bu sınıfın en çok çalışılan bileşiklerinden biri SbSI'dır (Grigas vd., 2001; Audzjonis vd., 2006; Starczewska vd., 2012; Cho vd., 2012; Dubey vd., 2014). SbTeI bileşiği $A^5B^6C^7$ sınıfının bir üyesi olup, bant aralığı 1,53 (Nibtsche ve Merz, 1960; Kichambare ve Sharon, 1997) - 1,28 eV (Madelung, 2004) aralığında n-tipi bir yarıiletkendir. SbTeI kristali ortorombik yapıda, birim hücre parametreleri $a=9,1 \text{ \AA}$, $b=10,8 \text{ \AA}$, $c=4,2 \text{ \AA}$ dur (Shiozaki vd., 2002). Ibanez ve arkadaşları (1983)'na göre triklinik yapıda Pl uzay grubunda $a = 7,570(3) \text{ \AA}$, $b = 7,159(3) \text{ \AA}$, $c = 4,228(3) \text{ \AA}$, $\alpha = 107,22(5)^\circ$, $\beta = 106,18(4)^\circ$, $\gamma = 77,19(3)^\circ$ değerleri sahiptir (Ibanez vd., 1983). Papazoglou ve Rentzeperis (1982)'e göre monoklinik yapıda $C2/m$ uzay grubunda ve $a=13,7008(10) \text{ \AA}$, $b=4,2418(3) \text{ \AA}$, $c=9,2005(8) \text{ \AA}$, $\beta = 128,641(4)^\circ$

(Papazoglou ve Rentzeperis, 1982). Ortam basıncında bant yapısı, ilk prensipler hesaplamaları kullanılarak araştırılmıştır (Zhuang vd., 2015). Ozer ve Cabuk (2018) SbTeI bileşiğinin yapısal, mekanik, dinamik ve termodinamik özelliklerini ortam basıncında ilk prensip metoduyla incelemişlerdir (Ozer ve Cabuk, 2018a; 2018b).

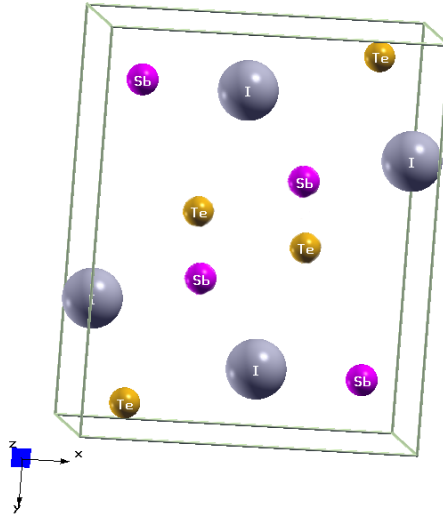
Dubey ve ark. (2014), katı hal reaksiyonu ile iğne şeklinde SbTeI kristali elde ettiklerini, SbTeI kristalinin 4 K'den 300 K'e metalik, 300 K'den sonra yarıiletken, 717 pF kapasitans ile piezoelektrik davranış gösterdiğini ve aktivasyon enerjisinin 0,52 eV olduğunu rapor etmişlerdir (Dubey vd., 2014).

Malzemenin fiziksel özellikler ya deneysel ya da teorik olarak belirlenebilir. Gelişen teknoloji ile bilgisayarların hesaplama gücü teorik çalışmalarda da kullanılmaktadır. Bilgisayar tabanlı hesaplama yöntemlerine simülasyon denilmekte olup, günümüzde simülasyona ağırlık verilmektedir. Monte-Carlo, Moleküler dinamik ve ilk prensip (ab initio veya first-principle) yaygın olarak kullanılan hesaplama yöntemlerinden bazılarıdır. Araştırmalarda ilk prensip yöntemine dayanan PHONON, SIESTA, ABINIT, VASP, WIEN2k, Quantum ESPRESSO (QE) gibi birtakım bilgisayar yazılımları kullanılmaktadır. Bilgisayar yazılımları ile herhangi bir teorik veya deneysel çalışmaya konu olmuş malzemenin bir özelliği olabileceği gibi daha sentezlenmemiş malzemenin bile özellikleri büyük doğruluk oranları ile hesaplanabilmektedir. Böylelikle araştırma maliyetleri de düşürülebilmektedir. Bu çalışmada QE yazılımı (URL-1) kullanılarak, SbTeI bileşiğinin basınç altında elektronik yapısı araştırılmıştır. SbTeI

bileşiminin elektronik özelliğinin basınç bağımlılığı, daha önce herhangi bir deneysel veya teorik çalışmaya konu olmamıştır.

MATERYAL METOT

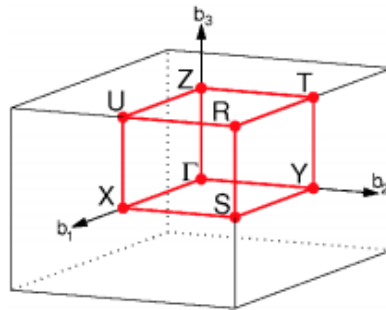
SbTeI bileşiği orthorombik yapıdadır. Şekil 1.'de gösterildiği gibi birim hücrede 4 Sb, 4 Te ve 4 I atomları olmak üzere toplamda 12 atom vardır. Tüm atomlar 4c Wyckoff pozisyonunda bulunurlar (Ozer ve Cabuk, 2018a). SbTeI bileşiminin ortam basıncındaki optimize yapısal parametreleri kullanılarak XCrySDen yazılımı (Kokalj, 2003) ile birim hücre görselleştirilerek, Şekil 1.'de verilmiştir. Yapısal optimizasyona Tablo 1'de verilen Siozaki ve ark. (2002)'nin bildirdiği örgü parametre değerleri ile başlanmıştır. Atomların konumları olarak da Sb (0,118 0,128 0,250), Se (0,838 0,055 0,250) ve I (0,510 0,826 0,250) tercih edilmiştir.



Şekil 1. SbTeI bileşiminin birim hücresi.

SbTeI bileşiğinin elektronik özellikleri Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi (DFT) kullanılarak QE kodu ile incelenmiştir. QE web sitesi (<https://www.quantum-espresso.org>)'nden temin edilen PAW tipi psödo-potansiyeller kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalarda, düzlem dalgaların kesilim kinetik enerji (ecut) değeri 60 Ry, yük yoğunluğu için kesilim kinetik enerji (ecutrho) değeri 270 Ry ve k-noktaları için $5 \times 4 \times 10$ Monkhorst-Pack örgü ağı seçilmiştir. Bu değerler optimize edilerek belirlenmiştir. Değiş tokuş koralezyon fonksiyoneline (exchange-correction functional) yerel yoğunluk yaklaşımı (LDA) tercih edilmiştir. İyonik minimizasyon için yakınsama kriterleri olarak; kuvvet için 10^{-3} a.u., toplam enerji için 10^{-4} a.u değerleri kullanılmıştır. Sb atomu için $5s^2 p^3$, Te atomu için $5s^2 p^4$ ve I atomu için ise $5s^2 p^5$ elektronları valans elektronları olarak alınmıştır.

Ortorombik yapının birinci Brillouin bölgesi ve yüksek simetri noktaları Şekil 2.'de gösterilmiştir. Bant hesaplamaları için Γ -X-S-Y- Γ -Z-U-R-T-Z-Y-T-U-X-S-R (Setyawan ve Curtarolo, 2010) yolu kullanılmıştır.



Şekil 2. Ortorombik yapının birinci Brillouin bölgesi ve yüksek simetri noktaları (Setyawan ve Curtarolo, 2010).

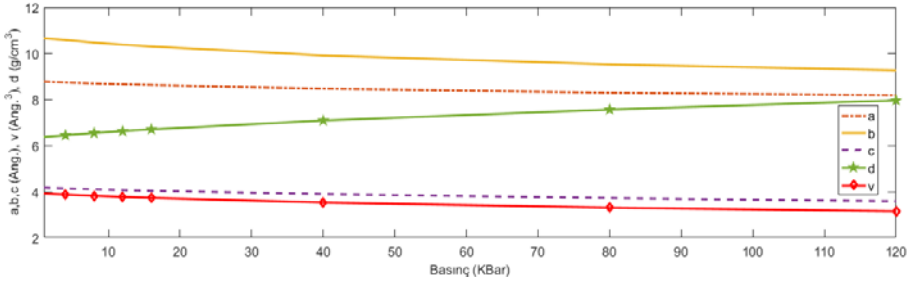
BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın ilk aşamasında Tablo 1.'de verilen değerler kullanılarak; 120 kBar basınç değerine kadar farklı basınçlar için yapısal optimizasyon yapılmıştır. Ortam basıncında (0 kBar) elde edilen yapısal parametreler literatür değerleri ile Tablo 1.'de verilmiştir. Tablo 1'den görüleceği gibi örgü sabitleri deneysel değerlerle kıyaslandığında (Madelung, 2004) ortalama %1,83 farklılık göstermekte olup, bu DFT hesaplamaları için kabul edilebilir değerdir.

Tablo 1. SbTeI bileşiğinin ortam basıncındaki yapısal parametreleri

Ref.	Örgü parametreleri (Å)			Atomik pozisyonlar			
	a	b	c	Atom	x	y	z
				Sb	0,122	0,137	0,250
Bu çalışma	8,795	10,678	4,187	Se	0,817	0,050	0,250
				I	0,524	0,825	0,250
Kichambare ve Sharon, 1997	7,58	7,16	4,23				
				Sb	0,124	0,136	0,250
Ozer ve Cabuk, 2018a	8,772	10,726	4,192	Te	0,817	0,050	0,250
				I	0,524	0,824	0,250
Siozaki ve ark., 2002	9,18	10,80	4,23				
Madelung, 2004	9,10	10,80	4,23				

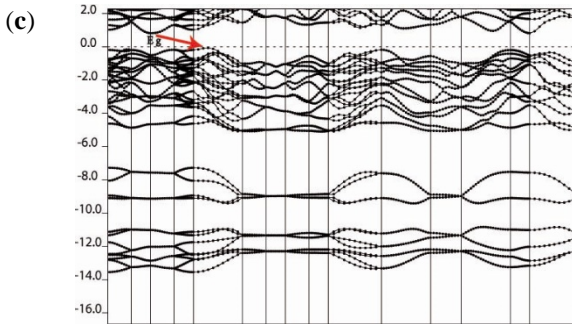
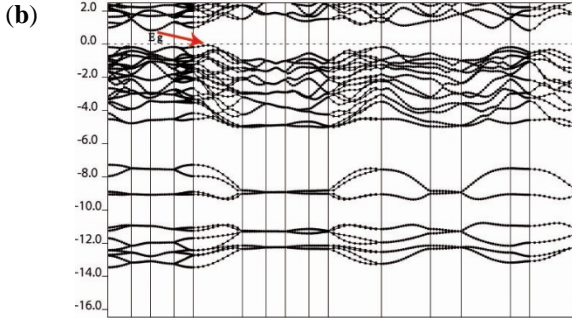
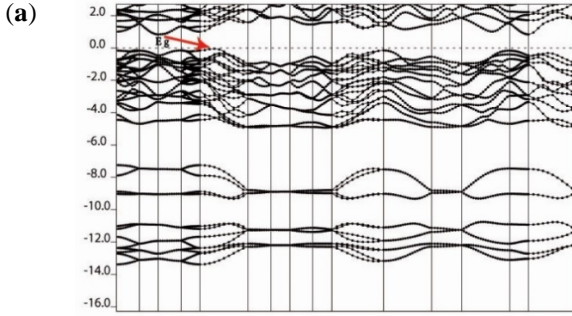
Farklı basınç değerleri için elde edilen örgü parametre (a , b , c , Å), hacim (v) ($1/100 \text{ Å}^3$) ve yoğunluk (d) (g/cm^3) değerlerinin basınçla değişimi MATLAB (URL-2) yazılımı ile görselleştirilerek Şekil 3.'de verilmiştir. Şekilden de açıkça görüleceği gibi bileşiğin örgü sabitleri ve hacim, basınç ile azalmış, buna karşın yoğunluğu ise artmıştır. Yine Şekil 3'den görüleceği gibi örgü sabitlerinden b değerinin diğer iki sabite (a , c) göre basınca daha hassastır.

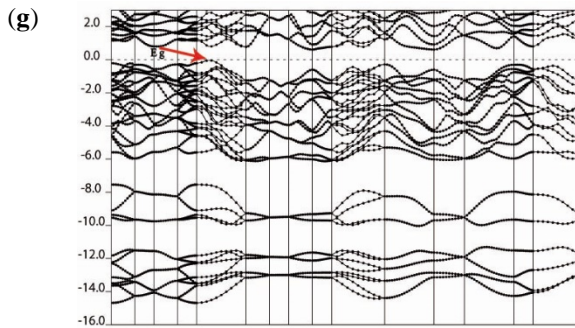
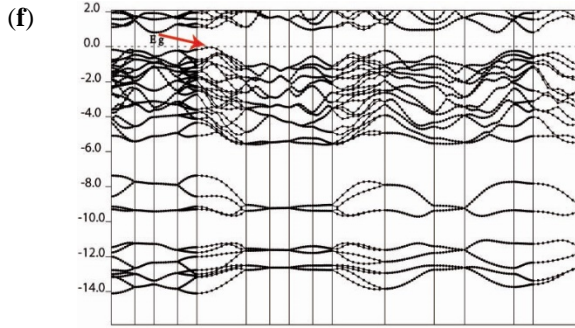
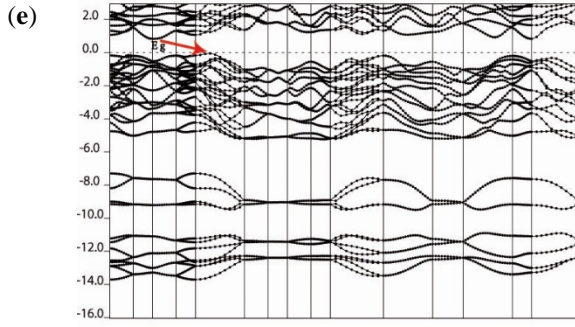
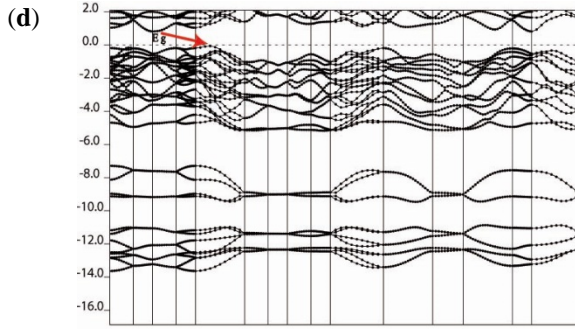


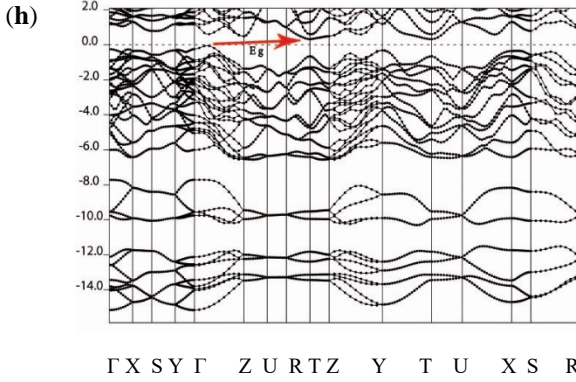
Şekil 3. SbTeI bileşiğinin örgü sabiti a , b , c (Å), hacim v ($v /100$) (Å^3) ve yoğunluk d (g/cm^3)

Mikroskobik bakış açısından SbTeI bileşiğinin fiziksel özelliklerinin analizinde, elektronik yapı analizleri önemli rol oynar (Ozer ve Cabuk, 2018a). Elektronik yapı analizlerinde, geometrik optimizasyon ile elde edilen yapısal parametreler kullanılmıştır. Birinci Brillouin bölgesinin yüksek simetri noktaları boyunca hesaplanan elektronik bant yapısı Şekil 4.'de verilmiştir. Fermi enerji seviyesi (E_F) sıfır enerji düzeyi olarak seçilmiş ve şekilde yatay sürekli noktalarla gösterilmiştir. Farklı basınçlar için oluşturulan elektronik bant yapılarının birbirine çok benzer oldukları, ancak 120 kBar basınç değerinde elektronik bant yapının biraz değiştiği görülmektedir.

Basınç ve sıcaklığın etkisi ile yapıların faz geçişine uğradıkları ve bu faz geçişi ile malzemelerin özelliklerinde birtakım değişikliklerin olabileceği bilinen bir gerçektir. Bundan dolayı 80-120 kBar basınç aralığında bileşiğin bir faz geçişi yapabileceği düşünülmektedir.







Şekil 4. SbTeI bileşiğinin elektronik bant yapısı, (a) 0 kBar, (b) 4 kBar, (c) 8 kBar, (d) 12 kBar, (e) 16 kBar, (f) 40 kBar, (g) 80 kBar, (h) 120 kBar, Yasak enerji bant aralığı (E_g) kırmızı ok ile gösterilmiştir.

Şekil 4.'den de görülebileceği gibi SbTeI bileşiği indirek (dolaylı) enerji bant aralığına sahiptir. Yasak enerji bant aralığı valans bandının en üst noktası ile iletim bandının en düşük noktası arasındaki enerji değerini göstermektedir. Bu çalışma ile hesaplanan enerji aralığı ile ulaşılabilen literatür verileri Tablo 2.'de kıyaslanmıştır. Tabloda ortam basıncı 0 kBar olarak gösterilmiştir.

Yapılan literatür taramasından sadece ortam basıncı için veri bulunabilmiş diğer basınç değerleri için veri bulunamamıştır. Bu yüzden sadece ortam basıncındaki değerler kıyaslanabilmiştir. Ortam basıncı için bulunan değer; diğer teorik çalışma ile uyumlu olduğu ancak hesaplanan E_g değerinin deneysel değerden biraz küçük olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 3. SbTeI bileşiği için enerji bant aralığı (Eg).

		Enerji bant aralığı (Eg, eV)	
Basınç (kBar)	Bu alışma	Deneysel	Diğer hesaplanan değerler
0	0,936	1,45 ^a , 1,25 ^b	0,986 ^c
4	0,943		
8	0,926		
12	0,896		
16	0,868		
40	0,718		
80	0,557		
120	0,388		

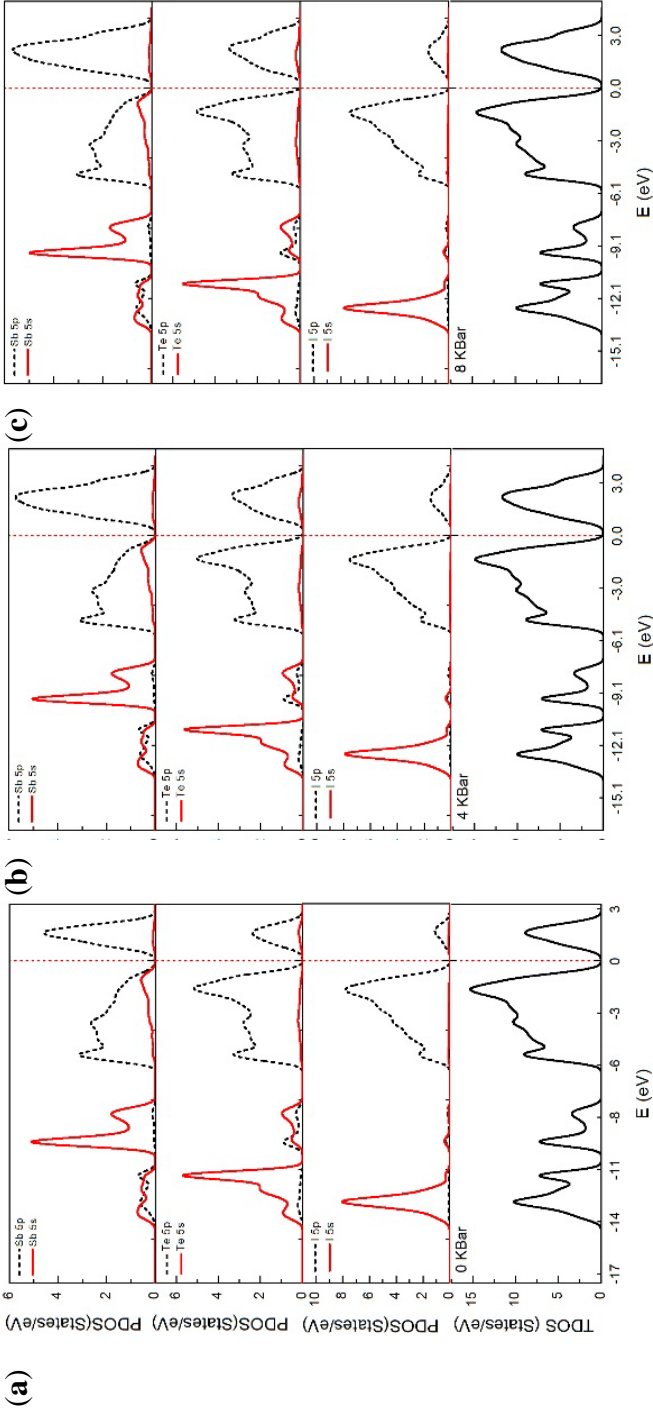
^a (Lefebvre vd., 1988)

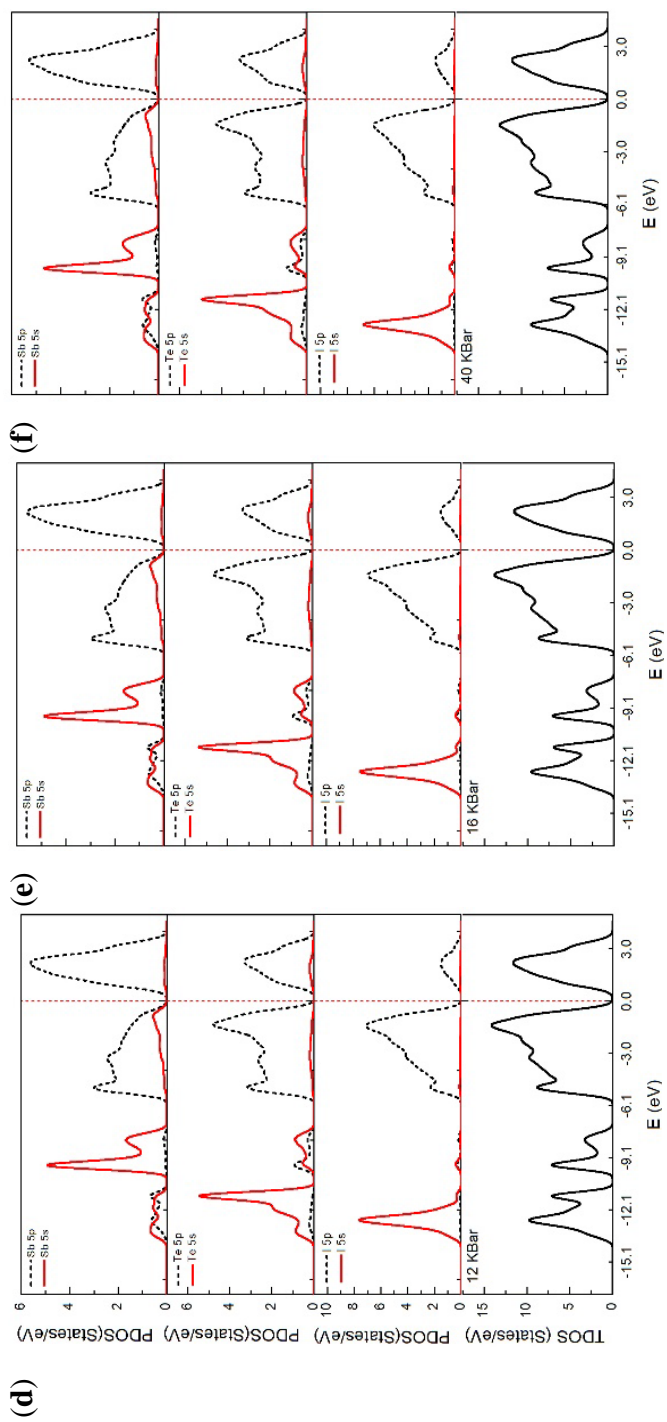
^b (Madelung, 2004)

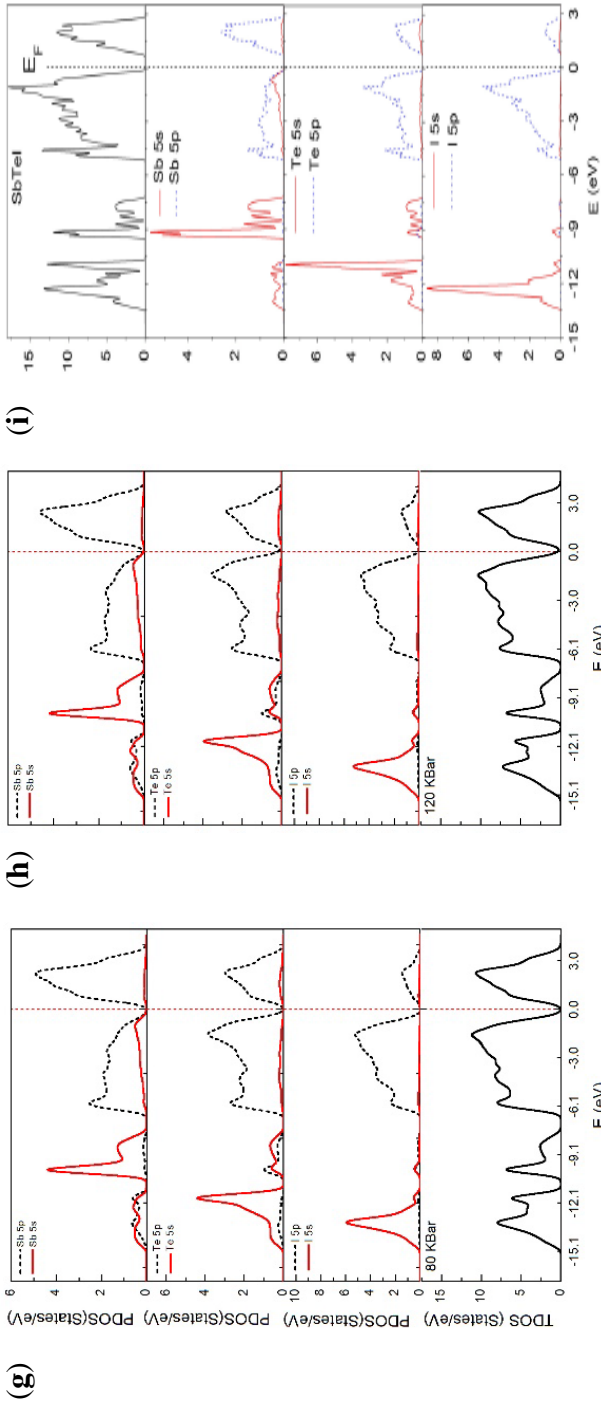
^c (Ozer ve Cabuk, 2018a)

Artan basınç değerleri ile Eg değerleri azalmıştır. LDA ve GGA yaklaşımları kullanan ilk prensip metodu, yarıiletken ve yalıtkan malzemelerin bant aralıklarını yaklaşık %30-50 arasında daha küçük hesapladığı bilinmektedir (Sham ve Schlüter,1983; Peacock ve Robertson, 2002). Bu neden ile hesaplanan değerlerin deneysel değerden küçük olması beklenen bir durumdur. $A^5B^6C^7$ ailesinin diğer bileşiklerinden SbSeBr (1,88 eV), SbSeI (1,66 eV), BiOI (1,89 eV), BiScl (1,89 eV), BiSBr (1,95 eV), BiSI (1,56 eV), BiSeBr (1,50 eV), BiSeI (1,30 eV), BiTeBr (0,472 eV), BiTeI (0,448 eV) (Madelung, 2004) değerleri ile kıyaslandığında sonucun tutarlı olduğu görülmektedir.

SbTeI bileşiği için hesaplanan TDOS ve PDOS grafikleri Şekil 5.'de verilmiştir. Şekil 5.'den de görülebileceği gibi SbTeI bileşiğinin üç tane valans bandı vardır. En düşük valans bandı yaklaşık olarak -15 ve -11 eV aralığındadır. Bu banda en büyük katkı Te ve I atomlarının 5s orbitallerinden gelmektedir. Çok az Sb atomunun 5s ve 5p orbitallerinden de katkı gelmektedir. Diğer valans band yaklaşık olarak -11 ve -7 eV aralığında olup, ağırlıklı olarak Sb atomunun 5s orbitallerince oluşturulmuştur. En üst valans bandı -6 ve 0 eV aralığında, ağırlıklı olarak Sb, Te ve I atomlarının 5p, çok az Sb atomunun 5s orbitalleri tarafından meydana getirilmiştir. Sb, Te ve I atomlarının 5p orbitallerinde hibridleşmeler görülmektedir. Bu hibridleşmeler kovalent bağın varlığına işarettir. Literatürden bulunabilen değer, Şekil 5-i.'de verilmiştir. Ortam basıncı için verilerin tutarlı olduğu görülmektedir. Şekil 5-a ve Şekil 5-i'deki küçük enerji farkı, yazılımların farklı yaklaşımlar kullanmasından kaynaklanmaktadır. Artan basınç ile TDOS ve PDOS grafiklerinin genel olarak benzer oldukları ancak ancak 80 kBar basınçtan sonra çok küçük farklılaşmanın başladığı ve 120 kBar basınç değerinde bu farkın biraz belirgin olduğu görülmektedir. 120 kBar basınç değerindeki alt valans bandında Te atomunun 5s orbitalinin sol pikinin ve üst valans bandında Sb atomunun 5p orbitalinin sağ pikinin kaybolduğu, yine üst valans bandında I atomunun 5p orbitalinin pikinin biraz azalarak yayvanlaştığı görülmektedir. Bu değişim elektronik bant yapısındaki değişim ile tutarlıdır.







Şekil 5. SbTeI bileşiğinin PDOS ve TDOS grafikleri, (a) 0 kBar, (b) 4 kBar, (c) 8 kBar, (d) 12 kBar, (e) 16 kBar, (f) 40 kBar, (g) 80 kBar, (h) 120 kBar, (i) 0 kBar (Ozer ve Cabuk, 2018a)

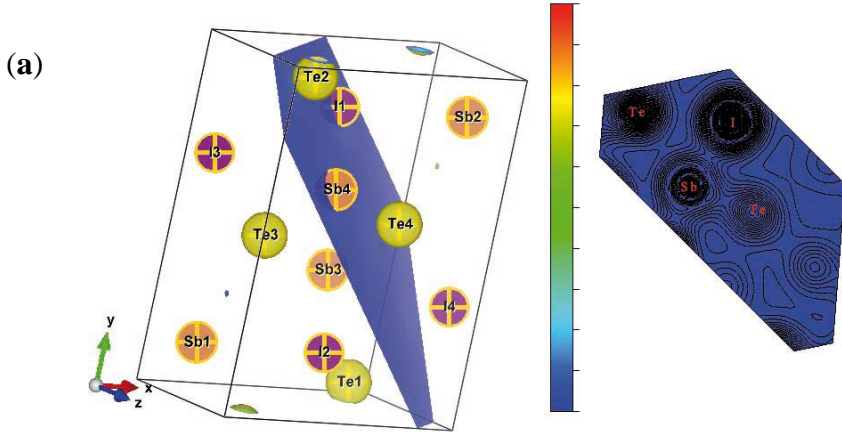
Kimyasal bağın karakteri, iç atomik bağların elektron yük yoğunluk dağılımını yönetir. Atomlar arasındaki bağın doğasını tanımlamak için iki boyutlu valans yük yoğunluğu dağılımları, optimize yapısal parametreler kullanılarak VESTA (Momma ve Izumi, 2011) yazılımı ile üretilerek Şekil 6.'da verilmiştir. Valans yük yoğunluğu dağılım grafikleri 0-12 kBar için (1 1 1), 16-120 kBar için (-1 -1 -1) düzleminde oluşturulmuştur. (1 1 1) düzlemi Şekil 6.a'da gösterilmiştir. Literatür taramasından sadece ortam basıncı için yük dağılımı bulunabilmiş ve bu veri Şekil 6.b'de verilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar, literatür verileri ile kıyaslandığında uyumlu olduğu görülmektedir.

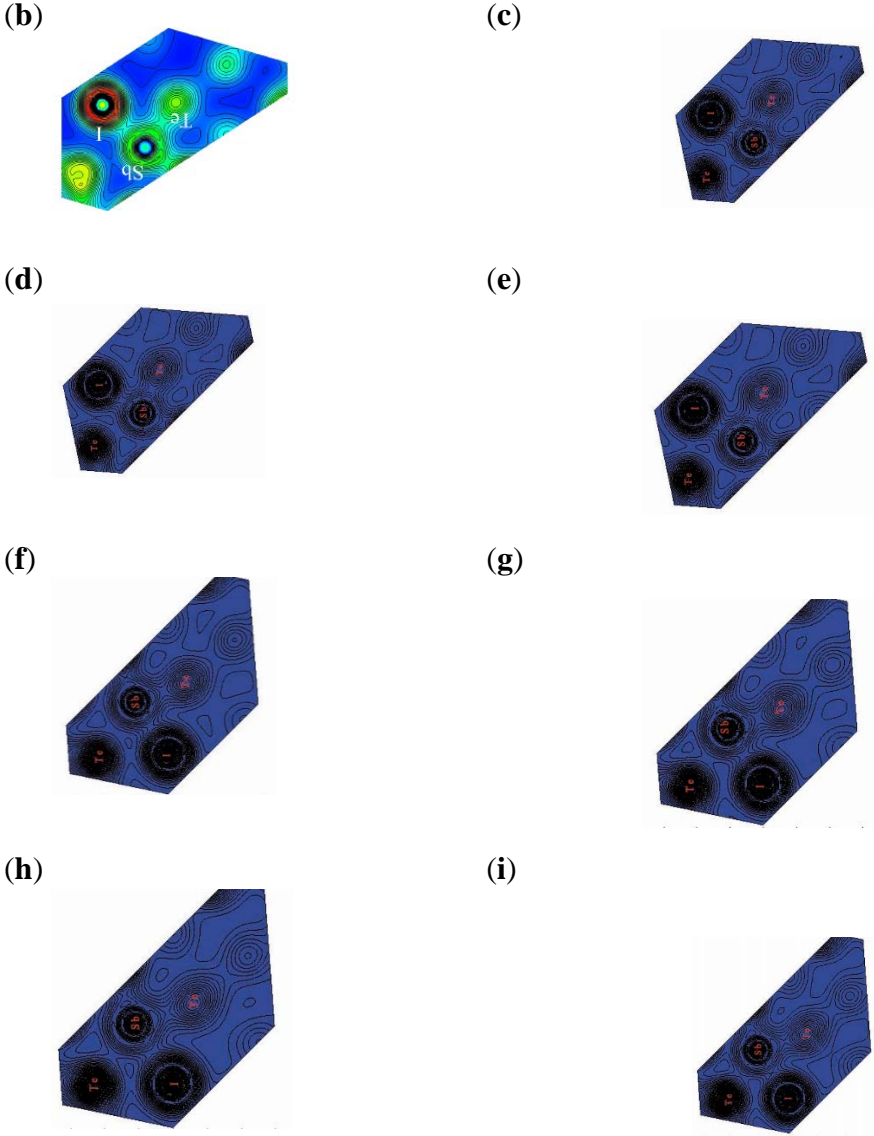
Farklı basınç değerleri için üretilen valans yük yoğunluğu dağılım grafiklerinin genel anlamda benzer oldukları görülmektedir. Şekilden, Sb-Te ve Sb-I kovalent bağları görülmektedir. Sb-Te kovalent bağı, Sb-I bağından daha kovalenttir. Fiziksel olarak, I iyonuna elektron transfer edildikten sonra, Sb atomu iyonik bağ oluşturmak üzere Te'ye yeterince yük sağlayamayarak Sb ve Te atomları uzaklaşarak kovalent bağ oluşturmaktadır. Bu şekilde iyonik ve kovalent bağlar birlikte "iyonik-kovalent" adı verilen bağı oluşturmaktadır. Burada olduğu gibi atomlar arası bağların kısmen iyonik, kısmen de kovalent olması mümkündür. Her iki bağın derecesi periyodik tabloda atomların bağıl konumuna veya elektronegatif değerleri arasındaki farka bağlıdır. Atomların elektronegatif değerleri arttıkça iyonik bağ özelliği de artar. Aksine, elektronegatif farkı küçükse veya periyodik tabloda atomlar birbirine ne kadar yakın olurlarsa kovalentlik derecesi

de o kadar büyük olur. A ve B elementleri arasındaki iyonik bağın yüzdesi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir (Callister ve Rethwisch, 2011).

$$\%iyonik\ özellik = \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{(X_A - X_B)^2}{4} \right] \right\} \times 100$$

Eşitlikte geçen X_A ve X_B ; elementlerin elektronegatif değerleridir. SbTeI bileşiğindeki elementlerin elektronegatiflik değerleri 1,9 (Sb), 2,1 (Te) ve 2,5 (I) (Callister ve Rethwisch, 2011).





Şekil 6. SbTe_{1-x}'nin hesaplanan vakans yük yoğunluğu dağılım grafikleri, (a) 0 kBar (1 1 1) düzlemi, (b) 0 kBar (-1 -1 -1) düzlemi (Ozer ve Cabuk, 2018a), (c) 4 kBar (1 1 1) düzlemi, (d) 8 kBar, (e) 12 kBar, (f) 16 kBar (-1 -1 -1) düzlemi, (g) 40 kBar, (h) 80 kBar, (i) 120 kBar.

SbTeI bileşiği için hesaplanan Sb-Te ve Sb-I bağlarının iyonik bağ yüzde değerleri sırası ile %0,9 ve %8,6'dır. Bu sonuca göre; Sb-Te ve Sb-I bağları zayıf iyonik bağ olup güçlü kovalenttir. Ayrıca Sb-Te bağının iyonikliğinin çok küçük olması güçlü kovalent bağ olacağını da göstermektedir. Bu sonuç yük yoğunluğu grafikleri ile ulaşılan sonucu doğrulamaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, SbTeI bileşiğinin elektronik yapısı üzerine basıncın etkisi araştırılmıştır. Bileşik, 0-120 kBar basınç aralığının farklı basınç değerlerinde yapısal optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon değerleri kullanılarak SbTeI bileşiğinin elektronik bant yapısı, elektronik yük yoğunluğu, TDOS ve PDOS grafikleri üretilmiştır. Yapılan analizler sonucunda 120 kBar basınç değerinde elektronik bant yapısında biraz farklılaşmanın olduğu görülmüştür. Bu farklılaşmanın muhtemel bir faz geçişinden kaynaklandığı düşünölmektedir. Bağ yapı analizleri, Sb-Te ve Sb-I bağlarının zayıf iyonik ve güçlü kovalent karakterde olduğu göstermiştır.

KAYNAKLAR

- Audzijonis, A., Zaltauskas, R., Zigas, L., Vinokurova, I.V., Farberovich, O.V., Pauliukas, A., Kvedaravicius, A., (2006). Variation of the energy gap of the SbSI crystals at ferroelectric phase transition, *Physica B*, 371, 68–73. DOI: 10.1016/j.physb.2005.09.039
- Callister, W. D. Jr., Rethwisch, D.G., (2011). Materials Science and Engineering, Eighth Edition, John Wiley & Sons, 2011, s.26-36.
- Cho, I., Min, B. K., Joo, S.W., Sohn, Y., (2012). One-dimensional single crystalline antimony sulfur iodide, SbSI, *Materials Letters*, 86, 132–135. DOI: 10.1016/j.matlet.2012.07.050
- Dubey, H. K., Deshmukh, L. P., Kshirsagar, D. E., Sharon, M., Sharon, M. (2014). Synthesis and Study of Electrical Properties of SbTeI. Hindawi Publishing Corporation Advances in Physical Chemistry, 965350, 6 pages. DOI:10.1155/2014/965350
- Dubey, H.K., Deshmukh, L. P., Kshirsagar, D. E., Sharon, M., Sharon, M., (2014). Synthesis and Study of Electrical Properties of SbTeI. *Advances in Physical Chemistry*, 965350. DOI: 10.1155/2014/965350
- Grigas, J., Kajokas, A., Audzijonis, A. , Zigas, L., (2001). Peculiarities and properties of SbSI electroceramics, *Journal of the European Ceramic Society*, 21, 337–1340.

- Ibanez, A.; Jumas, J.; Fourcade, J.; Philippot, E.; Maurin, M.;(1983).
Sur les chalcogeno-iodures d'antimoine SbXI(X =S, Se, Te):
Structures et spectroscopie Mo'ssbauer de¹²¹Sb. *Journal of Solid State Chemistry*, 48, 2, 272-283.
- Kichambare, P., Sharon, M., (1997). Preparation, characterization and physical properties of mixed Sb_{1-x}Bi_x TeI. *Solid State Ionics* 101– 103:155–159.
- Kokalj, A., (2003). Computer graphics and graphical user interfaces as tools in simulations of matter at the atomic scale, *Comp. Mater. Sci.*, 28, 155--168. İnternet erişim adresi: <http://www.xcrysden.org/XCrySDen.html>
- Lefebvre, I., Lannoo, M., Allan, G., Martinage, L., (1988). Theoretical Mossbauer isomer shift of antimony chalcogenides. *PHYSICAL REVIEW B*, 38, 13, 8593-8601.
- Madelung, O., (2004). Semiconductors: data handbook. In: Madelung O (eds) V-VI-VII compounds. *Springer, Berlin*, pp 664–673
- Momma, K., Izumi, F., (2011). VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *J Appl Crystallogr*, 44:1272–1276.
- Nibtsche , R., Merz ,W.J., (1960). *J. Phys. Chem. Sol ds* 13, 154.
- Ozer, T., Cabuk, S., (2018a). First-principles study of the structural, elastic and electronic properties of SbXI (X=S, Se, Te) crystals,

Journal of Molecular Modeling (2018) 24:66.
DOI:10.1007/s00894-018-3608-9.

Ozer, T., Cabuk, S., (2018b). Ab initio study of the lattice dynamical and thermodynamic properties of SbXI (X= S, Se, Te) compounds, *Computational Condensed Matter* 16, e00320. DOI:10.1016/j.cocom.2018.e00320.

Papazoglou, A.G., Rentzeperis, P.J., (1982). The crystal structure of antimony telluriodide, SbTeI. *Zeitschrift für Kristallographic* 165, 159-167.

Peacock, P.W., Robertson, J., (2002). Band offsets and Schottky barrierheights of high dielectric constant oxides, *J. Appl. Phys.*, 92: 4712-4718.

Setyawan, W., Curtarolo, S, (2010). High-throughput electronic band structure calculations: Challenges and tools, *Computational Materials Science* 49, 299-312. DOI:10.1016/j.commatsci.2010.05.010

Sham, L.J., Schlüter, M., (1983). Density-functional theory of the energy gap. *Phys. Rev. Lett.*, 51: 1888-1891.

Shiozaki, Y., Nakamura, E., Mitsu, T.(eds)(2002). “Ferroelectrics and related substances”, Londalt-Börnstein. Numerical data and functional relationships in science and technology, 36, II data: 14 SbSI family, 2002.

Starczewska, A., Nowak, M., Szperlich, P., Toron, B., Mistewicz, K., Stróz, D., Szala, J. , (2012). Influence of humidity on impedance of SbSI gel, *Sensors and Actuators A*, 183, 34–42. DOI: 10.1016/j.sna.2012.06.009

URL-1 : İnternet erişim adresi: <http://www.quantum-espresso.org>

URL-2: İnternet erişim adresi: <https://www.mathworks.com>

Zhuang HL, Cooper VR, Xu H, Ganesh P, Hennig RG, Kent PRC (2015). Rashba effect in single-layer antimony telluroiodide SbTeI. *Phys Rev B* 92:115302–115305.

BÖLÜM 6:

SU ÜRÜNLERİNDE DONDURARAK KURUTMA

Arş. Gör. Dr. Bengünur ÇORAPCI¹

¹ Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Sinop
bengucorapci@hotmail.com; bsoyleyen@sinop.edu.tr

GİRİŞ

Dondurarak kurutma diğer adıyla ‐liyofilizasyon‐ bir teknoloji olarak ele alındığında geçmişinin And Dağlarında yaşayan Perulu İnkalara dayandığı söylenebilir. Tarih öncesi zamanlarda yüksek rakımlı soğuk dağ koşullarında düşük hava basıncı nedeniyle gıda ürünlerinin içerisindeki suyun yavaş bir şekilde buharlaşması sonucunda patates gibi çeşitli gıda ürünlerinin depolandığı bildirilmektedir (Bellis, 2006). Astek ve Eskimolarında gıda ürünlerinin muhafazasında bu metodu kullandıkları çeşitli kaynaklarda yer almaktadır (Adams ve ark., 2015; Day ve Stacey, 2007; Karagül ve Altuntaş, 2018). Bununla beraber Vikinglerin temel gıda maddelerinden olan morina balığını kuru ve soğuk bölgeleri kullanarak, bir çeşit dondurarak kurutma işlemini uyguladıkları bildirilmektedir (Costantino, 2004). 1930’lu yıllara kadar bir laboratuvar tekniğı olarak kalan dondurarak kurutmanın ticari olarak gelişimi 2. Dünya savaşı sırasında ısıya duyarlı antibiyotik, kan plazması ve penisilin gibi ürünlerin işlenmesi ve muhafazasında ihtiyaç duyulması ile başlamıştır (Bellis, 2006; Adams ve ark., 2015; Day ve Stacey, 2007; Karagül ve Altuntaş, 2018).

Dondurarak kurutma düşük basınç koşulları altında donmuş gıda ürünleri veya çeşitli çözeltilerden çözücünün süblimasyon (katı maddelerin sıvı hale geçmeden doğrudan gaz haline geçmesi) yoluyla, bağılı suyun ise desorpsiyonla (katı yüzeyine tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılması) uzaklaştırılmasıdır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Dondurarak kurutma işlemini; dondurma, birincil kurutma ve

ikincil kurutma olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır (Jadhav and Moon, 2015).

Dondurma işlemi ürün kalitesi açısından önemli bir aşamadır çünkü dondurma işlemi esnasında oluşan mikro yapı kuruyan ürünün mikro yapısını temsil eder. Dondurarak kurutma katı fazdan gaz faza bir değişim durumu olduğundan, kurutulacak ürün öncelikle yeterli derecede dondurulmalıdır. Ön dondurma sırasında uygulanan metot ve donmuş ürünün son sıcaklığı dondurularak kurutulmuş olan son ürünün kalitesini etkileyebilir (Rey ve ark., 2004). Bununla beraber, kurutmanın yapıldığı konteynır tipi, rafların sıcaklığı, tepsi veya şişedeki ürün miktarı ve yüksekliği dondurma oranı açısından önemlidir. Dondurma oranı; son ürünün şekli, yapısı, kuruma oranı ve ürün kararlılığı üzerinde etkilidir. Dondurma işlemiyle su üründen uzaklaşmakta ve ürünün kimyasal aktivitesi azalmaktadır. Protein ürünlerini dondurarak kurutmak için -40°C civarı ve daha düşük sıcaklıklar tipik raf sıcaklıkları olarak bildirilmektedir (Fetterolf, 2010).

Birincil kurutma periyodunda donma esnasında oluşan buz, tipik olarak %30 şekilsiz çözünen, oldukça gözenekli bir yapıda, düşük sıcaklıkta vakum altında süblimasyon ile uzaklaştırılmaktadır. Kurutma işlemi 10^{-4} ile 10^{-5} atm basınçlarda gerçekleştirilmektedir ve ürün sıcaklıkları ise -45 ile -20°C arasında değişmektedir (Sugimoto ve ark., 1981; Nireesha ve ark., 2013). Uygulanan raf sıcaklıkları ürünün çökmesini engellemek için yavaşça artırılmaktadır ve 20°C ile 40°C arasında değişmektedir. Bu sıcaklık değerleri genellikle % 1'in

altında hedeflenen nem içeriğine ulaşana kadar korunmaktadır (Chang ve Patro, 2004; Jadhav ve Moon, 2015). Çökme sıcaklığı (T_c), çözünen madde sistemleri için kristalleşmeyen ancak amorf yapıda kalan maksimum sıcaklığı ifade etmektedir (MacKenzie, 1966; Pikal, 1985; Pikal ve Shah, 1990). Bununla beraber, dondurarak kurutma ile ilgili çalışmalarda sıklıkla gördüğümüz ve proses sırasında dikkat edilmesi gereken kritik sıcaklıklardan biri de camsı geçiş sıcaklığıdır. Camsı yapının oluştuğu sıcaklık camlaşma sıcaklığıdır ve T' ile ifade edilmektedir. Dondurarak kurutma işlemine tabi tutulacak materyalin aniden dondurulmasıyla oluşmaktadır. Bu ani düşüş materyalin donma sıcaklığının altında sıvı formda kalmasına sebep olur ve düşen sıcaklık materyalin viskozitesinin artması ile sonuçlanır. Camsı geçiş sıcaklığının başlangıç ve sonuç noktası iyi tanımlandığından, camsı geçiş sıcaklığı ($T'g$), geçiş bölgesinin orta noktası olarak alınır. $T'g$; kurutulmuş materyalde kalan bağlı veya donmamış su miktarının güçlü bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Çökme sıcaklığı (T_c) ve camsı geçiş sıcaklığı ($T'g$) bazı araştırmacılar tarafından eşit kabul edilirken, bazı araştırmacılar ise bu sıcaklıkların eşit olmadığını çökme sıcaklığının camsı geçiş sıcaklığından 2°C daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (Sadıkoğlu ve ark., 2006; Özdemir, 2013). Birincil kurutma periyodu sırasında ürünlerdeki serbest su uzaklaştırılmaktadır (Fetterolf, 2010). Kurutulacak madde ya da ürün içerisindeki tüm donmuş haldeki su bittiği an birincil kurutma periyodunun sonu olarak kabul edilmektedir (Pikal ve ark., 1990; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003).

İkincil kurutma periyodunda ürünün içerdiği bağlı su diğer bir deyişle donmamış su uzaklaştırılmaktadır. Dondurarak kurutma sistemlerinde bir miktar bağlı suyun birincil kurutma periyodunda maddeden uzaklaştırıldığı da bildirilmektedir (Liapis and Bruttini, 1995; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). İkincil kurutma işlemi birkaç günü kapsayan uzun bir süreç olabilmektedir. Genellikle ikincil kurutma sonunda üründe kalan nem miktarının %1' den daha az olduğu ifade edilmektedir ancak bu kurutma işlemi uygulanan ürün ile doğrudan ilişkilidir (Fetterolf, 2010).

Tüketime hazır ya da fonksiyonel gıdaların yapımında genellikle dondurarak kurutma (liyofilizasyon) metodu kullanılmaktadır (Lin ve ark., 2007). Bu metot ile kurutma sırasında ürünün çekme (büzüşme) özelliğinin elimine edildiği, tat, aroma ve vitaminlerin kaybının minimuma indirildiği ve mükemmel yakın bir şekilde muhafaza sağladığı bildirilmiştir. Ancak, dondurarak kurutma ürünlerin yapısını tam olarak muhafaza ederek uygulanabilmesine karşın, uzun kurutma süreleri (yaklaşık 20-30 saat) nedeniyle pahalı bir işlemdir (Antal ve ark., 2014).

Son yıllarda dondurarak kurutma teknolojisi, biyolojik ürünlerin, hormonların, proteinlerin ve tıbbi ürünlerin dayanıklı hale getirilmesi ve muhafazasında büyük önem taşımaktadır (Jadhav ve Moon, 2015). Bu alanlarda sıklıkla kullanılması ile birlikte su ürünlerinin dondurularak kurutulması ile ilgili de çeşitli çalışmalar mevcuttur. Günümüzden 50 yıl önce dahi aşırı ve dengesiz balık avcılığı, su

ürünlerinde tazeliğin muhafazası gibi konularda dondurarak kurutma işleminin uygulanabileceği bildirilmiştir (Kobayashi, 1969).

Günümüzde pek çok alanda uygulanan bu teknoloji ile ilgili çok sayıda kaynak bulunmasına rağmen, su ürünleri ile ilgili konuların tek başına ele alındığı kaynaklara erişmek zordur. Bu eksikliğin bir nebze giderilmesini sağlamak amacıyla bu bölümde su ürünlerinde dondurarak kurutma uygulamaları ile ilgili bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Su Ürünlerinde Dondurarak Kurutma Uygulamaları

Su ürünleri, insan beslenmesinde gerekli olan yüksek kaliteli proteinin önemli kaynaklarından bir tanesidir. Bununla beraber, yüksek su içeriği nedeniyle herhangi bir muhafaza işlemi uygulanmaksızın çok kolay bozulabilen ürünlerdir (Qu ve ark., 2017). Dondurma ve kurutma işlemleri tek başına su ürünlerinin muhafazası ve raf ömrünün uzatılması için bugüne dek sıklıkla uygulanan yöntemlerdendir. Genel olarak kurutulmuş bir ürünün kalite parametreleri; sahip olduğu termal özellikler (ürünün fazı: camsı, kristal, lastiksi), yapısal özellikler (yoğunluk, gözeneklilik, gözenek boyutu, spesifik hacim), tekstürel özellikler (basınç testi, gerilme rahatlama testi, çekme testi), optik özellikler (renk, görünüş), duyu özellikler (aroma, tat), besinsel özellikler (proteinler, vitaminler), rehidrasyon özellikleri (rehidrasyon oranı, rehidrasyon kapasitesi) olarak sıralanabilir. (Krokida ve Maroulis, 1999).

Dondurarak kurutma işlemi gıda temelli konulardaki araştırmalarda elma (Lammerskitten ve ark., 2019), ilek (Lue Huang ve ark., 2009), patates (Wang ve ark., 2010) ve havuç (Voda ve ark., 2012) gibi çeşitli meyve ve sebzelerin kurutulması için sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla beraber, hayvansal ve sucul temelli ürünler için benzer teknikler kullanılmasına rağmen; hayvansal ve sucul ham materyallerin yüksek jel, protein ve yağ kompozisyonları açısından oldukça farklı olduğu ve bu nedenle kurutma özelliklerinin meyve ve sebze gibi ürünlerden ayrıldığı bildirilmiştir (Zhang ve Jiang, 2014).

Su ürünlerine dondurarak kurutma işleminin uygulandığı ve işlediği konular bakımından farklılık arz eden çeşitli çalışmalar izelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Dondurarak kurutma uygulanan bazı su ürünleri

Adı	Latincesi	Uygulama şekli/Çalışma konusu	Referans
Atka Uskumru Orkinos Pisi balığı Karides Kalamar Ahtapot Deniz tarağı Deniz tarağı Deniz tarağı Deniz kestanesi Deniz kulağı Yosun	<i>Pleurogrammus azonus</i> <i>Thunnus thynnus</i> <i>Paralichthys orivaceus</i> <i>Pandalus hypsinotus</i> <i>Ommastrephes sloan</i> <i>pacificus</i> <i>Octopus vulgaris</i> <i>Patinopecten yessoensis</i> <i>Tapes philippinarum</i> <i>Maetra sulcataria</i> <i>Strongylocentrodus</i> <i>nudus</i> <i>Nordotis discus</i> <i>Laminaria japonica</i>	Taze, belirli büyüklükte fileto Taze, belirli büyüklükte fileto Taze, belirli büyüklükte fileto Soyulduktan sonra haşlanmış Taze, haşlanmış, belirli büyüklükte fileto Haşlanmış Haşlanmış Haşlanmış Haşlanmış Taze Taze Taze, belirli büyüklükte	Kobayashi (1969)
Threadfin bream	<i>Nemipterus japonicus</i>	Balıktan surimi elde edilmiş ve daha sonra farklı kurutma metotları uygulanmıştır.	Huda ve ark., (2000)
Sardalya	<i>Sardinella longiceps</i>	Dondurarak kurutulmuş sardalya örneklerinin farklı sıcaklıklarda su sorpsiyon izotermeleri incelenmiştir.	Sablani ve ark. (2001)
Deniz kulağı	-	Dondurarak kurutma süresince raf sıcaklığının bir fonksiyonu olarak gözeneklilik ve yoğunluk araştırılmıştır.	Sablani ve Rahman (2002)
Ton balığı	<i>Thunnus tongol</i>	Farklı kurutma metotlarıyla gözenekler ve fiziko-kimyasal özellikler incelenmiştir.	Rahman ve ark., (2002)
Deniz kulağı	-	Dondurarak kurutulmuş deniz kulağının yapısal özellikleri araştırılmıştır.	Rahman ve Sablani (2003)
Midye	<i>Perna canaliculus</i>	Üç farklı bölgeden temin edilen dondurulmuş ve dondurarak kurutulmuş midyelerin yağ asiti ve sterol kompozisyonları incelenmiştir.	Murphy ve ark. (2003)
Morina balığı	-	Dondurarak kurutmada bazı işlem koşullarının etkisi araştırılmıştır.	Eikevik ve ark. (2005)

Midye	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Dondurarak kurutulmuş midye üretimi ve bazı kalite özellikleri incelenmiştir.	Çaklı ve ark. (2006)
Grouper	-	Farklı sıcaklık ve nem koşullarında depolama süresince dondurarak kurutulmuş balığın yağ oksidasyonu araştırılmıştır.	Rahman ve ark. (2009)
Deniz hıyarı	<i>Stichopus japonicus</i>	Deniz hıyarının mikrodalgada dondurarak kurutulması karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.	Duan ve ark. (2010)
Kömür balığı	<i>Pollachius virens</i>	Kömür balığından elde edilen dondurarak kurutulmuş balık protein hidrolizatının özellikleri incelenmiştir.	Shaviklo ve ark. (2012)
Tusk balığı	<i>Brosme brosme</i>	Tuzu alınmış tusk balığının kalitesi üzerine dondurarak kurutmanın etkisi araştırılmıştır.	Nguyen ve ark. (2012)
Deniz hıyarı	<i>Stichopus japonicus</i>	Dondurma ve mikrodalga vakum kombinasyonu ile kurutma tekniği incelenmiştir.	Zhang ve ark. (2012)
Yengeç	<i>Eriocheir sinensis</i>	Dondurarak kurutulmuş yengecin donmuş haliyle karşılaştırmalı olarak yağ asidi kompozisyonu araştırılmıştır.	He ve ark. (2012)
Karides	-	Karidesin elektro hidro dinamik ve vakum dondurarak kurutma ile kombinasyonu araştırılmıştır.	Hu ve ark. (2013)
Deniz anası	<i>Aurelia aurita</i> <i>Chrysaora hysoscella</i> <i>Pelagia noctiluca</i> <i>Rhizostoma pulmo</i>	Denizanasının biyokimyasal kompozisyonu fırında kurutma ve dondurarak kurutma ile kıyaslanmıştır.	Kogovsek ve ark. (2014)
Mavi yüzgeçli orkinos	<i>Thunnus orientalis</i>	Dondurarak kurutulmuş Mavi yüzgeçli orkinosun mikroyapı, renk ve protein yapısı üzerine dondurma sıcaklığı ve su aktivitesinin etkileri araştırılmıştır.	Harnkarnsujarit ve ark. (2015)

Nil tilapyası	<i>Oreochromis niloticus</i>	Dondurarak kurutulmuş kroketlerin kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik stabilitesi incelenmiştir.	Fuchs ve ark. (2015)
Karides	<i>Penaeus mondon</i>	Dondurarak kurutulmuş karides etinin farklı oranlarda makarna yapımında kullanılmasının bazı biyokimyasal ve fonksiyonel özelliklere etkileri araştırılmıştır.	Ramya ve ark. (2015)
Tatlısu sazanı	<i>Cirrhinus mrigala</i>	Papain enzimi kullanarak, tatlısu sazanından elde edilen balık protein hidrolizatının antioksidan ve fonksiyonel özelliklerine fırında kurutma ve dondurarak kurutmanın etkileri araştırılmıştır.	Elavarasan ve Shamasundar (2016)
Alabalık	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Dondurarak kurutma teknolojisinin alabalık kıymasına uygulanabilirliği ve kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi araştırılmıştır.	Çorapçı (2017)
Bombay duck	<i>Harpadon nehereus</i>	Farklı kurutma metotları kullanarak kurutulan balıkta mikrobiyal ve biyokimyasal analizler incelenmiştir.	Nagwekar ve ark. (2017)
Ot sazanı	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Hiperspektral görüntüleme ile farklı dondurarak kurutma periyotları altında sazan dilimlerinin nem içeriğinin haritalanması araştırılmıştır.	Qu ve ark. (2017)
Ot sazanı	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Hiperspektral görüntüleme kullanılarak vakum dondurarak kurutmanın sazan filetoalarında meydana getirdiği tekstürel değişikliklerinin belirlenmesi çalışılmıştır.	Ma ve ark. (2017)

Berlam balığı	<i>Merluccius merluccius</i>	Bir kriyoprotektan olarak trehaloz ilavesiyle SoyPC lipozom yapılarak, dondurma-çözdürme ve dondurarak kurutma işlemlerine tabi tutulmuş ve daha sonra balık kıymasına ilave edilerek, jelleşme özelliklerine etkisi araştırılmıştır.	Marin-Penalver ve ark. (2018)
Tarak	<i>Argopecten irradians</i>	Dondurarak kurutulmuş tarağın raf ömrü ve lipid stabilitesine doğal fenoliklerin etkisi Arrhenius eşitliği ve hızlandırılmış depolama testleriyle araştırılmıştır.	Xie ve ark. (2019)
Karides	<i>Penaeus vannamei</i>	Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş karideslerin raf ömrü, yağ profili ve renk özellikleri depolama süresince Arrhenius eşitliği ve hızlandırılmış depolama testleriyle araştırılmıştır.	Li ve ark. (2019)
Gümüş sazan (surimi)	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Endüstriyel dondurulmuş surimi, vakum dondurarak kurutma ve spreyci dondurarak kurutma ile balık protein tozu haline getirilmiş ve kurutma metotlarının biyokimyasal özelliklere, miyofibriller proteinlerin fonksiyonel özelliklerine etkileri incelenmiştir.	Niu ve ark. (2019)
Gümüş sazan (surimi)	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Farklı sıcaklık ve fonksiyonel katkıların (mikrobiyal transglutaminaz) vakum dondurarak kurutulmuş suriminin jelleşme özelliklerine etkisi araştırılmıştır.	Guo ve ark. (2019)

Su ürünlerinin yeni yeni bu teknikle kurutulmaya başlandığı dönemlerde dilimlenmiş morina balığı, haşlanmış karides ve haşlanmış yengeç başı çekmektedir. Bunlara ek olarak, uskumru, pisi, alabalık, balina, kalamar, ahtapot, deniztarağı, denizkulağı, denizkestanesi ve su yosunları dondurarak kurutulmuş ve tekrar suya bırakılarak rehidre edilmiş halde çeşitli araştırmalarda kullanılmıştır (Kobayashi, 1969). Bununla beraber, balık ve su ürünleri içerikli dondurarak kurutulmuş tüketime hazır gıdalar ile ilgili araştırmaların da 5-6 yıl gibi bir süre sonra başladığını söylemek mümkündür. Yapılan bu araştırmalarda dondurularak kurutulmuş karides keki, çeşitli balık salataları ve çorbaları incelenmiştir. Nem, protein, yağ, tuz, serbest yağ asitleri, peroksit değerleri ile organoleptik kalite değerlendirilmiştir. Buna göre, atmosferik nitrojen ile hermetik olarak teneke kutularda ambalajlanan ürünlerin iki yıl ve üzerinde bir raf ömrüne sahip olabileceği belirtilmektedir (Govindan, 1975).

Dondurarak Kurutulan Su Ürünlerinin Duyusal, Besinsel, Kimyasal ve Fizikokimyasal Özellikleri

Kimyasal reaksiyonlar, fiziksel değişimler, mikroorganizmaların gelişimi gibi çeşitli bozulma olayları hasattan hemen sonra su ürünlerinin raf ömrü ve kalitesinin düşmesine sebep olabilmektedir (Zhu ve ark., 2013). Dondurma ve kurutma su ürünlerinin depolanması ve nakliyesi için raf ömrünün uzatılmasına katkı sağlamaktadır (Harnkarnsujarit ve ark., 2015).

Kurutulmuş ürünlerin yapısal özelliklerinden gözeneklilik, dondurarak kurutulmuş ürünlerde incelenen bir parametredir. Gözeneklerin tanımlanmasında en yaygın kullanılan terim, toplam hacme gözeneklerin oranı olarak tanımlanan gözenekliliktir. Sadece gözeneklerin özellikleri gözeneklilik ile ilgili çok az bilgi verebilir. Birçok durumda kurutulmuş balık pişirme ya da tüketim öncesinde suya daldırılır. Bu nedenle rehidrasyon kurutulmuş balık ve ürünleri için önemli bir kalite kriteridir. Hızlı nem alımı yüzeyden ve kapiler emme yoluyla gerçekleşir. Gözeneklilik kapilerden veya yüzeye yakın oyuklardan (boşluklardan) rehidrasyon işlemini artırır ancak sıkışmış hava baloncuklarının varlığı işlemi oldukça zorlaştırır (Lewicki, 1998; Rahman ve Perera, 1999). Sablani ve Rahman (2002) denizkulağı, patates, elma ve iki farklı tür hurmayı dondurarak kurutmuş ve gözenek oluşumlarını araştırmışlardır. Gözeneklilik özelliğinin kurutma metotları ve kurutma koşullarından etkilendiği bilinmektedir. Aynı ham materyal kurutma metodu ve şartlarına bağlı olarak farklı gözenek özellikleri gösterebilmektedir. Yapılan çalışmada denizkulağında uygulanan raf sıcaklığının artması ile gözenekliliğin azaldığı bildirilmiştir. Bununla beraber maksimum camsı geçiş sıcaklığı denizkulağı için -10 °C olarak ifade edilmiştir. Denizkulağının gözenek ölçümünün yapıldığı bir başka çalışmada düşük basınçta ortalama gözenek çapının dondurarak kurutma sıcaklığının azalmasıyla azaldığı bildirilmiştir (Rahman ve Sablani, 2003). Dondurarak kurutulmuş ton balığının (*Thunnus tongol*) hava ile kurutulan ve vakum altında kurutulan örneklerin gözeneklilik değerleri kıyaslandığında, dondurarak kurutulmuş örneklerin

gözeneklilik değerlerinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Rahman ve ark., 2002).

Dondurarak kurutulmuş su ürünleri ile ilgili çalışmalarda; su aktivitesi, yoğunluk ve besinsel ya da biyokimyasal kompozisyon özellikleri sıklıkla incelenen parametreler arasındadır. Eikevik ve ark., (2005) dondurarak kurutulmuş morina balığında kurutmadan sonra yapılan protein denaturasyonu ölçümlerinde kurutma sıcaklıklarının düşürülmesiyle proteinlerin denatürasyonunun azaldığını bildirmişlerdir. Buna karşın bir başka çalışmada, çok düşük sıcaklıklarda yapılan dondurma işleminde, dondurarak kurutulmuş orkinos balığında esmerleşme reaksiyonun fazla olduğu, bununla beraber yüksek sıcaklıkta yapılan dondurma işleminde ise yüksek su aktivitesine sahip grupta protein yapısındaki değişikliklerin arttığı bildirilmektedir (Harnkarnsujarit ve ark. 2015). Kogovsek ve ark., (2014) denizanasının biyokimyasal analizinde fırında kurutma işleminin önemli değişikliklere neden olduğunu bu nedenle biyokimyasal analizler yapılmadan önce dondurarak kurutma işleminin uygulanmasını tavsiye ettiklerini bildirmişlerdir. Dondurarak kurutulmuş deniz anası örneklerinin kuru kütle ve element kompozisyonları fırında kurutulanlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Dondurarak kurutulan ürünlerde kalite açısından en çok değerlendirmeye alınan parametrelerden bazıları da nem, renk ve rehidrasyon oranıdır. Nem oranının dondurarak kurutma ile %1.4'e düşürüldüğü çalışmada, renk değerlerinden aydınlık, kırmızılık ve

sarılık değerlerinin dondurarak kurutma ile arttığı belirtilmiştir. Kırmızılık ve sarılık değerlerinin dondurarak kurutma işlemi sonrası artışını önlemek için oksidatif stabiliteyi sağlayacak ilave çalışmalar yapılması önerilmektedir. Rehidrasyon oranı açısından örneklerin gözenekli yapısından dolayı bu oranın yüksek olduğu ve balığın orijinal kas yapısının muhafaza edildiği belirtilmektedir (Nguyen ve ark., 2012). Bir başka çalışmada dondurarak kurutulmuş midyenin besinsel kompozisyonu, renk ve tekstür ölçümlerinin yanı sıra su ürünlerinde tazelik kriteri olarak bilinen TVB-N değeri de araştırılmıştır. 3 haftalık oda koşullarında depolama süresinin ardından herhangi bir bozulma kriteri taşımadığı ve ‘konsantre midye’ yapımı için uygun özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Çaklı ve ark., 2006).

Yapılan bazı çalışmalarda nem içeriği ve rehidrasyon oranının yanı sıra yağ asitleri kompozisyonu da dondurarak kurutulmuş ürünlerde ele alınmıştır. Buna göre; alabalık kıymasının dondurarak kurutulduğu çalışmada, toplam doymuş yağ asitleri ve toplam tekli doymamış yağ asitlerinin dondurarak kurutma işlemi sonrasında bir miktar azalma gösterdiği, rehidrasyon işleminden sonra ise başlangıçtaki taze alabalık kıymasına yakın bir değere ulaştığı bildirilmiştir. Bununla beraber, çoklu doymamış yağ asitlerinin ise dondurarak kurutma işlemi ile bir miktar artış gösterdiği, rehidre sonrası ise taze alabalık kıymasına benzer bir değer elde edildiği ifade edilmektedir (Çorapçı, 2017). Bir başka çalışmada, dondurulmuş ve dondurarak kurutulmuş midyelerin yağ asitleri kompozisyonları incelendiğinde bazı yağ asitlerinde artış, bazılarında ise azalma görüldüğü bildirilmektedir. Bu

durumun dondurarak kurutma işlemine bağlı olarak midyelerin yağ asidi ve sterol profilini oluşturan lipid kompozisyonunu etkilemesiyle ilgili olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Ayrıca dondurarak kurutma işleminin özellikle doymamış yağ asitlerinden bazı uçucu yağ asitlerinin yok olmasına ve bazı yağ asitlerinin de izomerleşmesine sebep olabileceği ifade edilmiştir (Murphy ve ark., 2003). Bununla beraber; He ve ark. (2012) dondurarak kurutulmuş yengecin yağ asitleri kompozisyonunu inceledikleri çalışmada yengeçlerin rehidrasyon öncesi ve sonrası yapılan yağ asitleri analizleri sonuçlarının birbirine benzediğini, dondurarak kurutma ve rehidrasyon işlemlerinin yağ asitlerine zarar vermediği ve bu nedenle yüksek değerli yengeçlerin işlenmesi açısından dondurarak kurutmanın uygun bir teknik olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Nagwekar ve ark. (2017) taze, geleneksel olarak güneşte kurutulmuş, sıcak hava ile kurutulmuş, dondurarak kurutulmuş ve güneşte kurutulmuş (patentli güneş iletimli bir kurutucu) (SCD) bir balık türünü (*Harpadon nehereus*) araştırmışlardır. Mikrobiyolojik analizler, TVB-N, TMA, su aktivitesi, nem ve renk gibi parametreler incelenmiştir. Sonuç olarak; geleneksel olarak güneşte kurutma ile kıyaslandığında sıcak hava, güneşte (SCD) ve dondurarak kurutmanın mikrobiyal ve biyokimyasal kalite açısından daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir. Yüksek kalitede ürünler verdiği bilinen dondurarak kurutma, SCD ve sıcak hava kurutma ile karşılaştırılmıştır. Buna göre SCD ile kurutmanın da yüksek kaliteli balık elde etmede alternatif olarak kullanılabileceği ifade edilmektedir. Ancak tekstür, rehidrasyon

özellikleri ve duyuşal kabul edilebilirlik açısından daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Dondurarak kurutma herhangi bir balık, kabuklu ya da yumuşakça türlerinden herhangi birine direkt olarak uygulanmayabilir. Konu ile ilgili çalışmalar arttıkça balık kroket ya da makarna yapımında dondurarak kurutmanın uygulandığı çalışmalara rastlamak mümkün hale gelmiştir. Dondurarak kurutulmuş alabalık kıymasının çeşitli ürünleri zenginleştirmek amacıyla, protein katkısı olarak kullanılabileceği de ayrıca belirtilmektedir (orapı, 2017). Tilapyadan elde edilen dondurarak kurutulmuş kroketlerin kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik özellikleri 8 ay boyunca incelenmiştir. Buna göre; dondurarak kurutulmuş kroketlerin kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik kalitesi arzu edilmeyen değişiklikler olmaksızın 8 ay boyunca korunmuştur (Fuchs ve ark., 2015). Bir başka çalışmada Ramya ve ark., (2015) dondurarak kurutulmuş karides etini makarna yapımı için kullanmışlardır. Bu şekilde dondurarak kurutulmuş karides etiyle birleştirilmiş makarnanın besinsel durumunun geliştirilmesinin sağlandığı bildirilmiştir. Ayrıca lizin gibi aminoasitler ile EPA ve DHA gibi insan beslenmesinde önem taşıyan esansiyel yağ asitlerinin miktarlarında artış gözlendiği belirtilmiştir.

Dondurarak Kurutulan Su rnleri ve Kombine uygulamalar

Dondurarak kurutma surimi ve ürünleri ile kombine çalışmalara konu olabilmektedir. Bunun nedeni, dondurulmuş suriminin pratik kullanım için kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik olarak dayanıksız olmasıdır. Oda koşullarında muhafazası ve nakliye kolaylığı için dondurarak

kurutulmuş surimi ile ilgili çalışmalar yürütülmüştür (Reynolds ve ark., 2002). Özellikle camsı geçiş sıcaklığı, dondurarak kurutulmuş suriminin üretimi ve depolanmasında önem taşımaktadır (Ohkuma ve ark., 2008). *Nemipterus japonicus* türü ile yapılan bir çalışmada dondurarak kurutulmuş surimi ve fırında kurutulmuş surimi örneklerinin kurutulduktan sonra bazı besin kompozisyon değerleri incelenmiştir. Ayrıca farelerin üzerinde bu örneklerle besleme çalışmaları yürütülmüştür. Buna göre; farelerde en iyi büyüme oranına dondurarak kurutulmuş surimi örnekleriyle beslenenlerde rastlanırken, dondurarak kurutulmuş surimi en iyi diyet ve en yüksek net protein oranı sağlayan grup olarak bildirilmiştir (Huda ve ark., 2000).

Materyal olarak endüstriyel surimi kullanılarak, vakum dondurarak kurutma ve sprey kurutmanın etkileri balık miyofibriler protein tozu üzerinde araştırılmıştır. Kurutma metotlarının balık protein tozunun biyokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini önemli derecede etkilediği bildirilmektedir. Sprey kurutmanın dondurarak kurutmaya göre daha iyi su tutma kapasitesi ve emülsiyon kararlılığı gösterdiği, bununla beraber çözünürlük özelliklerinin ise aynı olduğu sonucuna varılmıştır (Niu ve ark., 2019).

Vakum dondurarak kurutmanın balık proteinlerinin jelleşme özellikleri üzerine etkileri ile ilgili çok az sayıda çalışma mevcuttur. Son yıllarda konuyla ilgili olarak yapılan bir çalışmada, dondurarak kurutmanın surimi proteinlerinin jel tekstür değerlerini düşürerek, kısmen denatüre olduğu bildirilmiştir. Bununla beraber, kurutulmuş suriminin jel tekstür özelliklerinin uygulanan sıcaklık ve mikrobiyal

transglutaminaz ilavesi ile geliştirilmesinin mümkün olabileceği belirtilmiştir (Guo ve ark., 2019).

Denizhiyarının dondurularak kurutulması ile ilgili çalışmalarda mikrodalga dondurarak kurutmanın karşılaştırmalı olarak ele alınması ya da dondurarak kurutma ile birlikte kombine şekilde kullanıldığı görülmektedir. Kendi başına dondurarak kurutma ile mikrodalgada dondurarak kurutma işlemi kıyaslandığında sertlik, rehidrasyon oranı, aminoasit değerleri, duyuşsal özellikler ve renk değerleri arasında bir fark olmadığı belirtilmiştir (Duan ve ark., 2010). Ayrıca, yüksek rehidrasyon ve düşük büzüşme oranı sayesinde yüksek kalitede kurutulmuş deniz hiyarlarının kısa üretim süresi ve düşük enerji tüketimi ile dondurarak kurutma ve mikrodalga dondurarak kurutma ile üretilebileceği bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2012). Dondurarak kurutma uygulamalarında sıkça karşılaştığımız kombine uygulama örneklerine elektrohüdrodinamik kurutma da verilebilir. Elektrohüdrodinamik ve dondurarak kurutma uygulanan karides örneklerine; elektrohüdrodinamik kurutma, dondurarak kurutma ve her ikisinin birlikte uygulandığı kurutma metotlarının kurutma oranı ve kalitesini farklı etkilediği bildirilmiştir. En iyi kalite ve kurutma etkinliğinin her iki uygulamanın kombine olarak kullanıldığı durumda elde edildiği söylenebilir (Hu ve ark., 2013).

Dondurarak kurutma çalışmalarda sıkça ele alınan bir başka konu ise balık protein hidrolizatlarının üretimidir. Peptidler, balık protein hidrolizatlarında mevcut olan doğal antioksidanlar olarak işlev görmektedir. Bu nedenle gıdalarda sentetik antioksidanlara alternatif

olarak, fonksiyonel gıdalarda ve nutrasotik (kapsül benzeri formdaki doğal ürünler) olarak kullanılabilir. Balık protein hidrolizatında bulunan peptidlerin özellikleri hidroliz işleminde kullanılan proteazların ve substratın niteliğine bağlıdır. Enzim substrat oranı, pH, sıcaklık ve zaman hidroliz derecesinin belirlenmesinde önemli rol oynar. Balık protein hidrolizatlarının fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra enzim tipi, substratın niteliği ve hidroliz derecesi ile ilgili olarak biyoaktif özellikleri üzerine de birçok çalışma yürütülmüştür (Klompong ve ark., (2007), Elavarasan ve ark., (2014), Elavarasan ve Shamasundar, (2014), Elavarasan ve Shamasundar, (2016)). Balık protein hidrolizatları, dondurarak kurutma, spreyci kurutma ve fırında kurutma gibi farklı yöntemlerle konsantre hale getirilebilir. Tercih edilen yöntem peptidler üzerine en az zarara sebep olduğu bilinen dondurarak kurutma yöntemidir (Elavarasan ve Shamasundar, 2016). Bununla beraber, dondurarak kurutulmuş balık protein izolatlarının duyusal, işlevsel ve stabilite açısından oksidasyon ürünlerinin gelişiminden etkilendiği bildirilmektedir. Kömür balığı (*Pollachius virens*) ile yapılan bir çalışmada, katkı maddesi içermeyen dondurarak kurutulmuş balık kıymasının, dondurarak kurutulmuş balık protein izolatı ile kıyaslandığında; daha düşük oksidasyon değerine sahip olduğu, daha yüksek işlevsellik gösterdiği ve daha düşük duyusal puanlarla değerlendirildiği belirtilmiştir (Shaviklo, 2012). Elavarasan ve Shamasundar (2016) fırında kurutma yöntemi ve dondurarak kurutma yöntemini bir tatlı su balığından elde edilen protein hidrolizatı üzerinde araştırmışlardır. Çalışma sonucuna göre; dondurarak kurutma ile kıyaslandığında fırında kurutma yönteminin

de balık protein hidrolizatı üretiminde özelliklerinde önemli değişiklikler olmaksızın kullanılabileceği bildirilmiştir.

Son yıllarda yapılan dondurarak kurutma çalışmalarının farklı tekniklerle birlikte uygulandığı görülmektedir. Örneğin; tarak (*Argopecten irradians*) etinin muhafazası ve raf ömrünün uzatılmasında dondurarak kurutma ve doğal antioksidanlardan yararlanılmaktadır. Kurutulmuş tarakta böylece oksidatif stabilite geliştirilmiştir. Depolama süresince doğal fenoliklerin etkili bir şekilde oksidatif zincir reaksiyonunu kırarak ve/ya da serbest radikal oluşumunu engelleyerek lipid oksidasyonunu sınırladığı bildirilmiştir (Xie ve ark., 2019). Bir başka çalışmada, dondurarak kurutulan karideslerin sıcak hava ile kurutulan karideslere göre daha iyi oksidatif stabilite gösterdiği ve depolama süresi boyunca çoklu doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonunu önleyerek, yağ bileşenleri açısından yüksek besin değerini koruduğu belirtilmiştir (Li ve ark., 2019).

Hiperspektral kamera ile görüntüleme ve dondurarak kurutma konuları da birlikte ele alınan çalışmalara örnek olarak verilebilir. Hiperspektral görüntüleme kullanılarak dondurarak kurutma esnasında balık filetosundaki tekstürel değişimler tespit edilebilmektedir (Ma ve ark., 2017). Ayrıca dondurarak kurutulmuş balıkta ki nem içeriğinin belirlenmesi için de bu görüntüleme yöntemi kullanılabilir (Qu ve ark., 2017).

SONUÇ

Su ürünlerine dondurarak kurutma uygulamaları incelendiğinde önceleri genellikle tek bir tür ve işlem özellikleri üzerine odaklanıldığı görülmektedir. Dondurarak kurutmanın üründe ne gibi etkileri olduğunu anlamaya yönelik bu çalışmalar, yerini kombine çalışmalara bırakmıştır. Günümüzde gerek kimyasal gerek doğal katkıları kullanarak veya teknolojik imkânlardan faydalanılarak geliştirilmiş yöntemler bu konuyu daha iyi anlamak için kullanılmaktadır.

Dondurarak kurutma her yönüyle kompleks bir konudur ve yapılan araştırmalarda çok yönlü olarak ele alınması gerekmektedir. Kurutma öncesi, esnası ve sonrasında ürünü etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Ürünün türü dahi kurutma başarısını etkileyen başlı başına bir unsurdur. Bu nedenle araştırmalar yapılırken ürüne özgü kurutma standartlarının geliştirilmesine özen gösterilmesi önerilebilir. Ayrıca sektöre yönelik çalışmalarda uygulanabilirlik ve ekonomiklik gibi özellikler göz ardı edilmemelidir.

Su ürünlerinin dondurularak kurutulması uzun yıllardır araştırmalara konu olmaktadır. Ancak bu konunun tek başına ele alındığı bir kaynak bulmak zordur. Çünkü çoğu zaman disiplinler arası çalışmalarda ele alınmaktadır. Bu açıdan bu bölümde toplanan bilgilerin daha sonra su ürünlerinde dondurarak kurutma ile ilgili olarak çalışacak kişilere, faydalı olacağı ve kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adams, G.D.J., Cook, I., & Ward, K.R. (2015). The Principles of Freeze-Drying. Wolkers WF, Oldenhof H. eds. Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols. Springer, New York. p.121-143.
- Antal, T., Kerekes, B., Sikolya, L. & Tarek, M. (2014). Study on a two-stage vacuum freeze and hot-air drying method for apple cubes. In: 19th International Drying Symposium. France, Lyon, pp. 1 –6 (CD Proceedings).
- Chang, B.S., & Patro, S.Y. (2004). Freeze-drying process development for protein pharmaceuticals, in: H.R. Constantino, M.J. Pikal (Eds.) Lyophilization of Biopharmaceuticals, AAPS Press, Arlington, VA, USA.
- Bellis, M. (2006). Freeze-drying and freeze-dried food. <http://inventors.about.com/library/inventors/blfrdrfood.htm>. (E.T.: 07.01.2016).
- Costantino, H. (2004). Lyophilization of Biopharmaceuticals. Arlington, VA: American Association of Pharmaceutical Scientists, <http://www.lyotechnology.com/fd-milestones.html>. (E.T.: 10.01.2016).
- Çaklı, Ş., Çelik, U., & Dinçer, M.T. (2006). Konsantre midye yapımı için dondurularak kurutulmuş midye (*Mytilus galloprovincialis*) üretimi ve kalite karakterizasyonu. Tübitak, Tarım, Ormanlık ve Veterinerlik Araştırma Grubu, Proje no: TOVAG 105O045.
- Çorapçı, B. (2017). Dondurarak kurutma teknolojisinin alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) kıymasına

uygulanabilirliği ve kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Sinop Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi. 130s.

- Duan, X., Zhang, M., Mujumdar, A.S., & Wang, S. (2010). Microwave freeze drying of sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *Journal of Food Engineering*, 96, 491–497.
- Eikevik, T.M., Strommen, I., Alves-Filho, O., & Hemmingsen, A.K.T. (2005). Effect of operating conditions on atmospheric freeze dried cod fish. IADC 3rd Inter- American Drying Conference, August 21-23.
- Elavarasan, K., Naveen Kumar, V., & Shamasundar, B.A. (2014). Antioxidant and functional properties of fish protein hydrolysates from fresh water carp (*Catla catla*) as influenced by the nature of enzyme. *J. Food Process. Preserv.*, 38:1207–1214.
- Elavarasan, K., & Shamasundar, B.A. (2014). Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of protein hydrolysates prepared from three freshwater carps (*Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhinus mrigala*) using flavorzyme. *Int J Food Sci Technol.*, 49:1344–1350.17
- Elavarasan, K., & Shamasundar, B.A. (2016). Effect of oven drying and freeze drying on the antioxidant and functional properties of protein hydrolysates derived from freshwater fish (*Cirrhinus mrigala*) using papain enzyme. *J Food Sci Technol.*, 53(2):1303–1311.
- Fetterolf, D.M. (2010). Lyophilization. *Journal of Validation Technology*, 28-23. Fuchs, R.H.B., Ribeiro, R.P., Matsushita,

- M., Tanamati, A.A.C., Canan, C., Bona, E., Marques, L.L.M., & Droval, A.A. (2015). Chemical, sensory and microbiological stability of freeze-dried Nile tilapia croquette mixtures. *CyTA – Journal of Food*, 13(4), 556-562.
- Govindan, T.K. (1975). Freeze drying of fishery products: Part V Storage characteristics of ready-to-serve freeze dried foods. *Fish. Technol.*, 35-36.
- Guo, X., Shi, L., Xiong, S., Hu, Y., You, J., Huang, Q., & Yin, T. (2019). Gelling properties of vacuum-freeze dried surimi powder as influenced by heating method and microbial transglutaminase. *Food Science and Technology*, 99:105–111.
- Harnkarnsujarit, N., Kawai, K., & Suzuki, T. (2015). Effects of freezing temperature and water activity on microstructure, color, and protein conformation of freeze-dried bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *Food Bioprocess Technol*, 8:916–925.
- He, L., Li, F., & Tang, J. (2012). Fatty acid composition in freeze-dried chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*). *Open Journal of Marine Science*, 2, 90-95.
- Hu, Y., Huang, Q., & Bai, Y. (2013). Combined electrohydrodynamic (EHD) and vacuum freeze drying of shrimp. *Journal of Physics: Conference Series*, 418.
- Huda, N., Abdullah, A., & Babji, A.S. (2000). Nutritional quality of surimi powder from threadfin bream. *Journal of Muscle Foods* 11, 99-109.

- Jadhav T.R., & Moon R. S. (2015). Review on lyophilization technique. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 4 (5), 1906-1928.
- Day, J.G., & Stacey, G. (2007). *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols*, Second Edition, New Jersey, Humana Press Inc.
- Karagül, M.S., & Altuntaş, B. (2018). Liyofilizasyon: Genel Proses Değerlendirmesi. *Etlik Vet Mikrobiyol Derg*, 29 (1): 62-69.
- Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D., & Shahidi, F. (2007) Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe travelly (*Selaroides leptolepis*) as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. *Food Chem*, 102:1317–1327.
- Kobayashi, K. (1969). Studies on freeze-drying mechanism of marine products. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, 17(1-2): 1-70.18
- Kogovsek, T., Tinta, T., Klun, K., & Malej, A. (2014). Jellyfish biochemical composition: importance of standardised sample processing. *Marine Ecology Progress Series*. 510: 275-288.
- Krokida, M.K., & Maroulis, Z.B. (1999). Effect of microwave drying on some quality properties of dehydrated products. *Drying Technology*, 17(3): 449-466.
- Lammerskitten, A., Mykhailyk, V., Wiktor, A., Toepfl, S., Nowacka, M., Bialik, M., Czyżewski ,J., Witrowa-Rajchert, D., & Parniakov, O. (2019). Impact of pulsed electric fields on physical properties of freeze-dried apple tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 57, 102211.

- Lewicki, P. P. (1998). Effect of pre-drying treatment, drying, and rehydration on plant tissue properties. *International Journal of Food Properties*, 1(1):1–22.
- Liapis, A.I. & Bruttini, R. (1995). Freeze-drying of pharmaceutical crystalline and amorphous solutes in vials: Dynamic multi-dimensional models of the primary and secondary drying stages and qualitative of the moving interface. *Drying Technol.* 13:43-72.
- Li, D., Xie, H., Liu, Z., Li, A., Li, J., Liu, B., Liu, X., & Zhou, D. (2019). Shelf life prediction and changes in lipid profiles of dried shrimp (*Penaeus vannamei*) during accelerated storage. *Food Chemistry*, 297:124951.
- Lin, Y.P., Lee, T.Y., Tsen, J.H. & King, V.A.E. (2007). Dehydration of jam slices using FIR- assisted freeze drying. *Journal of Food Engineering* 79 (4):1295 -1301.
- Lue Huang, L., Zhang, M., Giang Yan, W., Mujumdar, A.S., & Feng Sun, D. (2009). Effect of coating on post-drying of freeze-dried strawberry pieces. *Journal of Food Engineering* 92:107–111.
- Ma, J., Sun, DW., Qu, J.H. & Pu, H. (2017). Prediction of textural changes in grass carp fillets as affected by vacuum freeze drying using hyperspectral imaging based on integrated group wavelengths. *Food Science and Technology*, 82: 377-385.
- MacKenzie, A.P. (1966). Basic principles of freeze-drying for pharmaceuticals. *Bull. Parenteral Drug Assoc.*, 20:101-129.
- Marin-Penalver, D., Aleman, A., Montero, P., & Gomez-Guillen, M.C. (2018). Gelling properties of hake muscle with addition of freeze-thawed and freeze dried soy phosphatidylcholine

- liposomes protected with trehalose. *Food Science and Technology* 98:46–53.
- Murphy, K.J., Mann, N.J., & Sinclair, A.J. (2003). Fatty acid and sterol composition of frozen and freeze-dried New Zealand green lipped mussel (*Perna canaliculus*) from three sites in New Zealand. *Asia Pacific J Clin Nutr*, 12 (1):50-60.
- Nagwekar, N., Tidke, V., & Thorat, B. N. (2017). Microbial and biochemical analysis of dried fish and comparative study using different drying methods. *Drying Technology*, 35(12):1481–1491.19
- Nguyen, M.V., Jonsson, A., & Arason, S. (2012). Effect of freeze drying on quality of desalted tusk fish. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 5(05): 388-394.
- Nireesha, G.R., Divya, L., Sowmya, C., Venkateshan, N., Niranjana Babu, M., & Lavakumar, V. (2013). Lyophilization/Freeze Drying - An Review. *International Journal of Novel Trends in Pharmaceutical Sciences*. 3(4):87-98.
- Niu, J., Zhao, B., Guo, X., & Yin, T. (2019). Effects of vacuum freeze-drying and vacuum spray-drying on biochemical properties and functionalities of myofibrillar proteins from silver carp. *Journal of Food Quality*, <https://doi.org/10.1155/2019/9457835>. Ohkuma, C., Kawai, K., Viriyarattanasak, C., Mahawanich, T., Tantratian, S., Takai, R. & Suzuki, T. (2008). Glass transition properties of frozen and freeze-dried surimi products: Effects of sugar and moisture on the glass transition temperature. *Food Hydrocolloids*, 22:255–262.

- Özdemir, N. (2013). Karabiber (*Piper nigrum* L.) oleorezininin dondurarak kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyonu. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.64s.
- Pikal, M.J., & Shah, S. (1990). The collapse temperature in freeze drying: Dependence on measurement methodology and rate of water removal from the glassy phase. *International Journal of Pharmaceutics*, 62:165-186.
- Pikal, M.J., Shah, S., Roy, M.L., & Putman, R. (1990). The secondary drying stages of freeze drying: Drying kinetics as a function of temperature and chamber pressure. *Int. J. Pharma.* 60:203-217.
- Pikal, M.J., (1985). Use of laboratory data in freeze drying process design: Heat and mass transfer coefficients and the computer simulation of freeze drying. *J. Parenteral Sci., Technol.*, 39:115-138.
- Qu, J.H., Sun, D.W., Cheng, J.H., & Pu, H. (2017). Mapping moisture contents in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slices under different freeze drying periods by Vis-NIR hyperspectral imaging. *Food Science and Technology*, 75:529-536.
- Rahman, M. S., & Perera, C. O. (1999). Drying and food preservation. In M. S. Rahman (Ed.), *Handbook of food preservation* (1st ed., pp. 173–216). New York: Marcel Dekker.
- Rahman, M.S., Al-Amri, O.S., & Al-Bulushi, I.M. (2002). Pores and physico-chemical characteristics of dried tuna produced by different methods of drying. *Journal of Food Engineering* 53:301–313.

- Rahman, M.S., Al-Belushi, R.M., Guizani, N., Al-Saidi, G.S., & Soussi, B. (2009). Fat oxidation in freeze-dried grouper during storage at different temperatures and moisture contents. *Food Chemistry*, 114:1257–1264.
- Rahman, M.S., & Sablani, S.S. (2003). Structural characteristics of freeze-dried abalone: porosimetry and puncture test. *Food and Bioproducts Processing*, 81(4):309-315.20
- Ramya, N. S., Prabhasankar, P., Gowda, L.R., Modi, V. K., & Bhaskar, N. (2015). Influence of freeze-dried shrimp meat in pasta processing qualities of indian T. durum wheat. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24:582–596.
- Rey, S., Xialoin, T., Michael, J. (2004). Study of optimization of the freeze dried product: Practical advice pharmaceutical research. *Eur. J. Pharm*, 78- 94.
- Reynolds, J., Park, J. W., & Choi, Y. J. (2002). Physicochemical properties of pacific whiting surimi as affected by various freezing and storage conditions. *Journal of Food Science*, 67:2072–2078.
- Sablani, S.S., Myhara, R.M., Mahgoup, Al-Attabi, Z.H., & Al-Mugheiry, M.M. (2001). Water sorption isotherms of freeze dried fish sardines. *Drying Technology*, 19(3&4), 673–680.
- Sablani, S.S., & Rahman, M.S. (2002). Pore formation in selected foods as a function of shelf temperature during freeze drying. *Drying technology*, 20(7), 1379–1391.
- Sadıkoğlu, H., & Özdemir, M. (2003). Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri. *Gıda*, 28:(6) 643-649.

- Sadikoğlu, H., Özdemir, M. & Şeker, M. (2006). Freeze-drying of pharmaceutical products: research and development needs. *Drying Technology*, 24: 849–861.
- Shaviklo, G.R., Thorkelsson, G., Arason, S., & Sveinsdottir, K. (2012). Characteristics of freeze-dried fish protein isolated from saithe (*Pollachius virens*). *J Food Sci Technol*, 49(3):309–318.
- Sugimoto, I., Ishihara, T., Habata, H., & Nakagawa, H. (1981). Stability of lyophilized sodium prasterone sulfate. *J Parenter Sci Technol*, 35: 88-92.
- Voda, A., Homan, N., Witek, M., Duijster, A., van Dalen, G., van der Sman, R., Nijse, J., van Vliet, L., Van As, H. & van Duynhoven, J. (2012). The impact of freeze-drying on microstructure and rehydration properties of carrot, *Food Research International*. 49:687–693.
- Wang, R., Zhang, M., & Mujumdar, A.S. (2010). Effects of vacuum and microwave freeze drying on microstructure and quality of potato slices. *Journal of Food Engineering* 101:131–139.
- Xie, H.K., Zhou, D.Y., Liu, Z.Y., Li, D.Y., Tan, Z.F., Dong, X.F., Liu, X.Y., Shahidi, F., & Zhu, B.W. (2019). Effects of natural phenolics on shelf life and lipid stability of freeze-dried scallop adductor muscle. *Food Chemistry*, 295:423–431.
- Zhang, Q., Zhang, G.C., Mu, G., & Liu, Y. (2012). Freeze and microwave vacuum combination drying technique of sea cucumber. *Int J Agric & Biol Eng*, 5(3):1-7.

- Zhang, M., & Jiang, H. (2014). Recent Food Drying R&D at Jiangnan University: An Overview. *Drying Technology*, 32: 1743–1750.21
- Zhu, S., Luo, Y., Hong, H., Feng, L., & Shen, H. (2013). Correlation between electrical conductivity of the gutted fish body and the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) heads stored at 0 and 3 ° C. *Food and Bioprocess Technology*, 6:3068–3075.

