

Triklosan Pestisitinin Dünü, Bugünü, Geleceği ve Çevresel Arıtımı

Elif Betül Kağızman¹ , Şeyda Fikirdeşici Ergen² , Burcu Ertit Taştan³ 

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

² Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

³ Gazi Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Ankara

Geliş Tarihi / Received Date: 28.12.2023

Kabul Tarihi / Accepted Date: 03.11.2024

Öz

Triklosan [5-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy) phenol] ya da ticari ismiyle "Irgasan" geniş spektrumlu güçlü bir antimikrobiyal ajan olarak bilinmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından "pestisit" olarak tescillenmiştir. Avrupa'da her yıl yaklaşık 450 ton triklosanın kullanıldığı tahmin edilmektedir. Triklosanın % 85'i kişisel bakım ürünlerinde, % 5'i tekstil endüstrisinde ve % 10'u da plastik ve gıda ile temas eden maddelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kapsamlı kullanımı nedeniyle, insanlarda ve çevrede triklosan birikimi tespit edilmiştir. Triklosan çevresel açıdan toksik bir madde olup, toksisitesi ile çalışmalar yürütülmekte ve farklı canlı gruplarında toksik etki mekanizması aydınlatılmaktadır. Bu makale, triklosan'ın çevresel akıbeti, insan ve diğer canlı gruplarında maruziyeti, anti-mikrobiyal aktivitenin etkinliği, toksisitesi ve çevresel arıtım mekanizmaları hakkındaki verileri gözden geçirmektedir.

Anahtar Kelimeler: atık su arıtımı, çevre sağlığı, pestisit, toksisite, triklosan

Past, Present, Future and Environmental Treatment of the Pesticide Triclosan

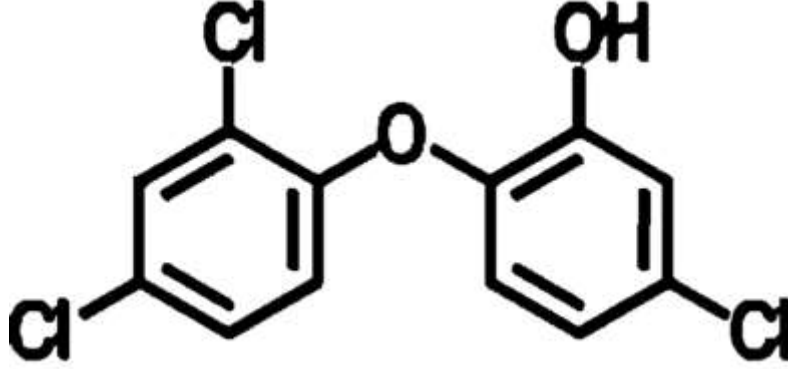
Abstract

Triclosan [5-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy) phenol] or with its trade name "Irgasan" is known as a broad spectrum powerful antimicrobial agent. It is registered as a "pesticide" by the United States Environmental Protection Agency (USEPA). It is estimated that around 450 tonnes of triclosan are used each year in Europe. 85% of triclosan is widely used in personal care products, 5% in the textile industry and 10% in the production of plastics and food contact materials. Due to its extensive use, accumulation of triclosan has been detected in humans and the environment. Triclosan is an environmentally toxic substance, studies are being conducted on its toxicity and its toxic effect mechanism is elucidated in different living groups. This article reviews data on triclosan's environmental fate, exposure in humans and other organisms, efficacy of antimicrobial activity, toxicity, and environmental treatment mechanisms.

Keywords: environmental health, pesticide, toxicity, triclosan, wastewater treatment

Giriş

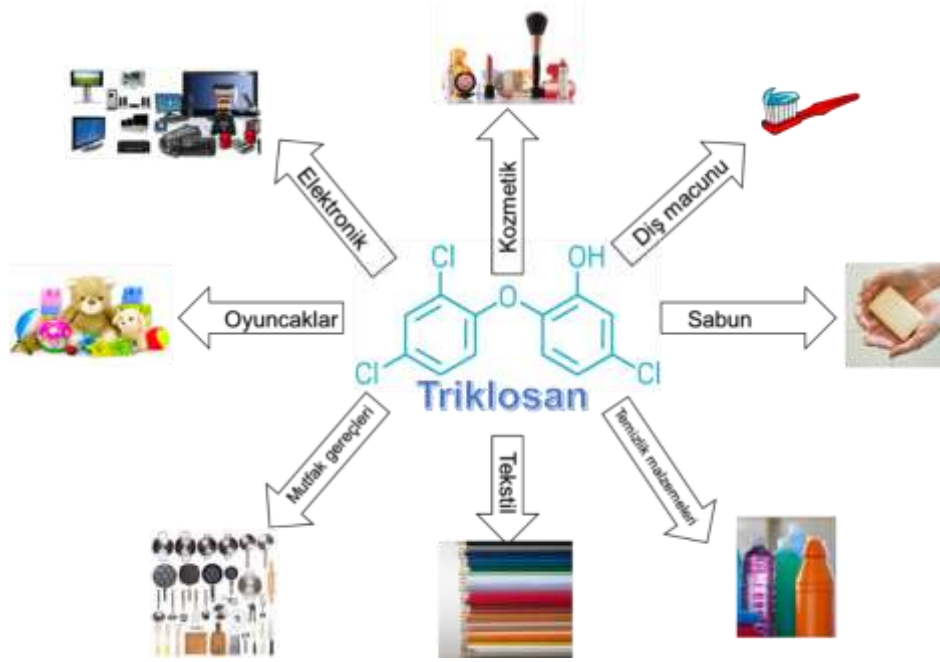
Klorlu fenolik bileşikler pestisit, antimikrobiyal ajan ve koruyucu olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (Stewart ve Stewart, 2008). Ticari olarak "Irgasan" adıyla da bilinen triklosan (TCS), toksisitesi nedeniyle Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı tarafından bu bileşikler arasındaki en önemli "Pestisit" olarak tescillenmiştir (EPA, 2008). Triklosanın kimyasal formülü ve Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) ID'si sırasıyla; $C_{12}H_7Cl_3O_2$ ve 5-kloro-2-(2,4-diklorofenoksi)fenol'dür (Şekil 1).



Şekil 1. Triklosanın Moleküler Yapısı

Triklosan sahip olduğu yüksek toksik karakterine rağmen kişisel bakım ürünlerinde, tekstil endüstrisinde, gıda ve plastiklerle temas eden malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (EPA, 2008). Triklosanın % 85'i kişisel bakım ürünlerinde, % 5'i tekstil endüstrisinde ve % 10'u da plastik ve gıda ile temas eden maddelerin üretiminde kullanılmaktadır. Özellikle sabunlar, diş macunları, dezenfektanlar, şampuan ve deodorantlar başta olmak üzere hayatımızın hemen hemen her alanında yaklaşık 30 yıllık geçmişi ile yaygın bir kullanıma sahiptir (Şekil 2).

TCS'ın üretim ve tüketiminin büyük bir kısmı, yılda yaklaşık 3200 tonluk toplam üretimin olduğu Asya'da gerçekleşirken, Avrupa Birliği'ndeki üretim 2015 yılında 850 ton olarak belirtilmiştir. TCS, Avrupa Birliği'nde (Almanya) ve bazı Avrupa Birliği üyesi olmayan ülkelerde (Hindistan ve Çin) üretilmektedir. Nüfus sayılarına bakıldığında Asya'da ve dünyanın diğer bölgelerinde TCS tüketimi Avrupa'ya göre daha azdır. Danimarka'da ise TCS üretimi bulunmamaktadır (DEPA, 2016). Türkiye'de ise Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu tarafından yayınlanan Kosmetik Ürünler Yönetmeliği'ne göre TCS'ın en yüksek izin verilen kullanım miktarı %0.3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Triklosanın Kullanım Alanları

Triklosan, 1960'larda geliştirilen, geniş antimikrobiyel özellik gösteren ve bisfenoller sınıfının en yaygın şekilde kullanılan üyesidir (Bhargava ve Leonard, 1996). Bu antimikrobiyel özelliğini bakterilerin yağ asidi sentezinde enoil-açıl taşıyıcı-protein redüktaz aktivitesini inhibe ederek göstermektedir (McMurry vd., 1998). Antimikrobiyal ajanların kullanımının giderek artması çevresel sistemlerde antimikrobiyal bileşenlerin artışına sebep olmuştur. Antimikrobiyal ajanların aşırı kullanımı sonucunda da bakterilerin direnç kazanması kaçınılmaz olmuştur (Brown vd., 2006; Kummerer, 2004). Geniş spektrumlu bir biyosit olan TCS, klorlu bifenil eterdir. Triklosan, antiseptikler için etken madde, koruyucu ve dezenfektan olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır (Condell vd., 2012). Antimikrobiyal özelliklerinden dolayı TCS'in, sağlık başta olmak üzere çeşitli endüstriyel alanlarda diş macunu, sabunlar, kozmetik ürünleri, gargaralar, deodorantlar gibi kişisel bakım ürünlerinde, mutfak eşyaları, tekstil, yatak örtüleri, elektronik ürünler, plastikler ve oyuncaklar gibi ürünlerde ürün koruyucu olarak kullanımı büyük ilgi görmektedir (Bellamy vd., 1993; Falkenburger vd., 2010; Regös vd., 1979). Triklosanın yüksek kullanımı ve kalıcılığı nedeniyle ortamdaki seviyeleri her geçen gün artmaktadır. Kişisel bakım ürünlerindeki triklosan konsantrasyonları %0,1–0,3 aralığındadır (Dann ve Hontela 2011; Sabaliunas vd., 2003). ABD Jeoloji Araştırması akarsu ve nehirlerde 2,3 µg/L konsantrasyonunda triklosan saptamıştır (Kolpin vd., 2002). Sadece İsveç'te yılda iki ton triklosan tüketilmektedir (Dann ve Hontela, 2011). Uzun yarı ömrü ve lipofilik özelliğinden dolayı insan vücudunda potansiyel olarak uzun vadeli sağlık risklerine neden olur. Hayvan çalışmaları, TCS'in spermiler üzerinde toksik etkileri olabileceğini göstermiştir (Lan vd., 2015). Triklosanın güvenlik profili son zamanlarda, TCS'in sadece atık sularda (Wu vd., 2007) değil aynı zamanda anne sütünde de (Dayan, 2007) varlığının gözlemlenmesiyle sorgulanmaya başlamıştır.

Bu çalışmanın önemi; önemli ve yaygın kullanım alanına sahip bir pestisit olan TCS'in çevresel akıbetini dün, bugün ve gelecek perspektifinde değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda TCS'in fiziksel ve kimyasal özellikleri, çevresel maruziyeti ve toksisitesi ile hangi etkin arıtım metotlarının kullanılabileceğine yönelik araştırmalar detaylandırılmıştır.

Kimyasal Özellikleri

Triklosanın antimikrobiyal karakterine karşın etkin bir çevresel kirlenici olması kimyasal yapısı ve özellikleri ile ilişkilidir. Triklosanın kimyasal özellikleri Tablo 1'de özetlenmiş olup (Fang vd., 2010), Şekil 3 TCS'in çalışmalarımız esnasında kaydettiğimiz toz halinin görselini içermektedir.

Tablo 1. Triklosanın Kimyasal Özellikleri

Kimyasal adı	2,4,4'-trichloro-2'-hydroxydiphenyl ether
CAS No	3380-34-5
Sinonim adları	5-chloro-2-(2, 4-dichlorophenoxy)phenol
Ticari adları	Irgasan, Tinosan, Invasan, Aquasept
Formülü	C ₁₂ H ₇ Cl ₃ O ₂
Moleküler ağırlığı	289.54
Fiziksel yapısı	Renksiz, beyazımsı kristal toz
Koku	Hafif aromatik
Tat	Tatsız
Kararlılık	Normal koşullarda kararlı
Erime noktası	55-57 °C
Buhar basıncı	4 × 10 ⁻⁶ mm Hg at 20 °C
Termal ayrışma	280-290 °C
pKa	7.9
Çözünürlük	Su, 0.01g/L; 0.1 N NaOH, 23.5 g/L; Etanol, aseton, propilen glikol, Tween 20, benzen, yüksek oranda çözünür (> 1,000 g/L)

**Şekil 3.** Triklosan Kimyasalının Toz Hali

TCS'in Çevresel Maruziyeti ve Toksikitesi

TCS'ye oluşan fazla talebin yanı sıra hidrofobikliği, dayanıklılığı ve biyolojik birikme ve zamanla daha toksik olan metil triklosan (MTCS) ve dioksin gibi ürünlere dönüşebilme yeteneği bu antimikrobiyelin bir çevresel kirletici olarak endişe uyandırmasını kaçınılmaz kılmıştır (Pycke vd., 2014). Aynı zamanda TCS çeşitli organizmalarda birikmesi bu canlılar üzerinde toksik etkilere sebep olabilmektedir (Benotti vd., 2009). Yapılan analizlere göre, TCS'in hızlı bozulmayan kalıcı bir kirletici olduğu, birincil biyolojik bozunma yarı ömrünün "haftalar" ve nihai biyolojik bozunma yarı ömrünün "aylar" sürdüğü belirlenmiştir (Ying vd., 2007; Ying ve Kookana, 2007). TCS'in tatlı su ve deniz suyundaki yarılanma ömrü sırasıyla yaklaşık 8 ve 4 gün olarak belirlenmiştir. Işık varlığında bozunmanın karanlık kontrollere kıyasla daha fazla olduğu da bilinmektedir. Uzun yarılanma ömrü ve lipofilik özelliğinden dolayı insan vücudunda uzun süreli sağlık risklerine yol açma potansiyeline sahiptir. Hayvan çalışmaları, triklosanın üreme sistemi üzerinde zararlı etkileri olabileceğini düşündürmektedir (Lan vd., 2013). Endişe uyandıran diğer bir husus ise TCS'in birden fazla kirletici bileşik ile etkileşime girerek toksik etkilerini karmaşılaştırmasıdır (Sanchis vd., 2016). Mikroplastikler TCS için önemli bir adsorbsiyon yeteneğine sahiptir ve bu nedenle mikroplastiklerle birleşen TCS, tehlike riskini arttırabilmektedir (Zhu vd., 2019). Ayrıca TCS'in güneş ışığına veya UV ışığa maruz kalması, TCS'ı toksik bir bileşik olan klorlu dioksinlere dönüştürmektedir (Latch vd., 2005). Aktif çamurda TCS konsantrasyonunun 0,5-16 mg/kg olduğu rapor edilmiştir (Clarke ve Smith 2011). Triklosan atık sularda µg/L konsantrasyon düzeylerinde tespit edilmiştir (Lindström vd., 2002; Halden ve Paull 2005). Triklosan oldukça stabil, lipofilik bir yapıdadır (log Kow=4.8) bu özellikleri TCS'in organik yüzeylerde birikiminin µg/L 'den mg/L düzeyine çıkmasına sebep olabilmektedir (Xu vd., 2009). TCS'in küresel olarak üretiminin yaklaşık 1500 ton olduğu

düşünülmektedir (Chen vd., 2011, Dann ve Hontela 2011). Bu nedenle TCS, ekosisteme girerek, bulunduğu ekosistemdeki organizmaların ekolojik işleyişini ve doğal dengeyi tehdit etmektedir.

Sucul Ortamlarda Triklosan Maruziyeti ve Toksikitesi

Sanayileşmenin ve kentleşmenin hızla gelişmesi ile çok sayıda kimyasalla kirletilmiş, çeşitli kaynaklardan gelen kentsel atık sular, drenaj sistemleri vasıtası ile atık su arıtma tesislerine (ATT) gelmektedirler (Reiss vd., 2002). Su kütleleri genellikle arıtılmış atık suların alıcı ortamı olduğu için TCS'in çevreye dağılması ATT'lerinde meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalar nehirlerde bulunan en yaygın kimsayallardan birinin TCS olduğunu belirtmektedir (Peng vd., 2017). Triklosan deniz suları, göller ve akarsularda yüksek oranda tespit edilmiştir (Chau vd., 2008; Kolpin vd., 2004). Çeşitli katı maddeler (asılı partikül madde, toprak, tortu gibi) TCS'in yerleşim gösterdiği önemli yerlerdir, bu nedenle TCS topraktan sızıp yeraltı suyuna karışabilmektedir (Bedoux vd., 2012; Wang vd., 2017). Bu sızma olayı meydana geldiğinde biriken TCS kalıcılığından dolayı hem ortamda hem de organizmalarda uzun süre mevcudiyetini sürdürebilmektedir (Halden vd., 2005). Atıksularda saptanan en yüksek triklosan konsantrasyonu 434 ng/L (Ying ve Kaokana 2007) ile 86.161 ng/L (Kumar vd., 2010) arasındadır. Yapılan araştırmalar TCS'in su ekosistemini kirlettiği, içme, yüzey ve atık sularda, çevresel tortularda hatta balıkların safralarında bulunduğu kanıtlamıştır (Kolpin vd., 2002; Loraine ve Pettigrove 2006). TCS'in sucul canlılar üzerinde toksisitesini anlamak için pek çok çalışma yapılmaktadır. Alglerin sucul türlerin çoğunun besin kaynağı olması TCS'in birikmesinde önemli bir faktördür (Capdevielle vd., 2008). Sucul çevrelerdeki TCS'in yüksek konsantrasyonları ise ekosistem devamlılığı için önemli olan alg populasyonlarının ölümüne sebep olmaktadır (Tatarazako vd., 2004). Orvos vd. (2002), TCS'in AAT sediment organizmaları, alglar, su pireleri ve balıklara karşı toksisitesini değerlendirmeyi amaçlayan çalışmalarında TCS'a karşı en hassas sucul türlerin *Scenedesmus subspicatus* gibi alg türleri olduğunu kanıtlamışlardır. Tatarazako vd. (2004) da alglerin TCS maruziyeti konusundaki duyarlılığına dair benzer kanıtlara ulaşmışlardır. Bir başka çalışma, *Geitlerinema* sp. ve *Chlorella* sp. mikroalglerinin 72 saat 50 mg/L TCS maruziyetine karşı dirençli oldukları daha yüksek maruziyet sürelerinin ve yüksek TCS konsantrasyonlarının toksik etki gösterebileceğini ortaya çıkarmıştır (Tastan vd., 2017).

Gelişimi, başkalaşımı ve diğer mekanizmaları detaylı bir şekilde bilinen, model organizma olarak yaygın kullanılan zebra balığı, TCS'in sucul canlılar üzerindeki potansiyel etkilerin araştırılması için ideal bir tür olarak görülmektedir (Santos vd., 2017). Örneğin Stenzel vd. (2019), zebra balıkları üzerinde yaptıkları bir çalışmada TCS'a maruz kalan balıkların gelişme ve üreme yeteneklerinin zayıfladığını, yavruların hayatta kalma ve gelişme yeteneklerinin azaldığını kanıtlamaktadır. Benzer bir çalışma TCS'in zebra balığının Ca²⁺ sinyal kanallarını etkileyerek göve arke kasının gelişmesinde olumsuz sonuçlara neden olduğunu göstermektedir (Ma vd., 2019). TCS'in üreme toksikolojisini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışma yetişkin medakanın kronik bir şekilde TCS'a maruz kaldıktan sonra doğurganlık ve yavru sağlığı gibi üreme fonksiyonlarının zarar görmediğini ancak erken gelişimde maruziyet meydana geldiğinde bozukluğa yol açabileceğini göstermektedir (Ishibashi vd., 2004). Fritsch vd. (2013) *Pimephales promelas*'ı TCS'a maruz bırakmışlar ve ardından bu canlının yüzme davranışının değiştiğini gözlemlemişlerdir. *Daphnia*'ların da (su piresi) TCS'a maruz kalmaları adaptasyon yeteneklerini ve üremelerini olumsuz yönde etkilemektedir (Chiaia vd., 2013).

Karasal Ortamda Triklosan Maruziyeti ve Toksikitesi

TCS su orjinli bir kirletici olarak varsayılrsa da, çeşitli yollarla toprağa karışmaktadır. TCS atık su artımında yeterli verimle giderilmediğinde sedimentte ve kanalizasyon atıklarında görülmektedir (Ying ve Kookana, 2007). Triklosan kumlu toprakta mevcutsa toprak nitrojen döngüsünü indükleyen toprak biyomlarının işleyişini bozmaktadır (Waller ve Kookana 2009). TCS'a maruz kalan canlılarda önemli davranış anormallelikleri görebilmektedir (Pullaguri vd., 2020; Tabari vd., 2019). Davranış anormalleliklerinin yanı sıra TCS bitkilerin de büyümesini sekteye uğratabilmektedir. Pirinç ve hıyar bitkisi üzerinde TCS'in bitki büyümesi etkilerini inceleyen Liu vd. (2009) köklerin TCS'a karşı sürgünden daha hassas olduğunu, TCS'lı topraklarda kök uzamasının inhibe olduğunu kanıtlamışlardır. Yapılan bu çalışma TCS'in toprak solunumunu da engellediğini göstermektedir.

Triklosan duyarlılığı türden türe göre farklı olabilir, pirinç tohumu ve salatalıklarda, TCS EC50 değerleri sırasıyla 57 ve 108 mg/kg olarak bulunmuştur (Liu vd.,2009). Besin zinciri yoluyla diğer türleri de etkileyen TCS'ın artan seviyeleri sıçan gibi hayvanların fizyolojisini değiştirebilmektedir (Crofton vd., 2007). Sıçan ve farelerde yapılan çalışmalarda TCS'ın dokularda ve dışkıda sülfasyon, glukuronidasyon ve hidroksilasyon ürünleri çıkardığını, mikrozomal detoksifikasyonu bozduğunu, doğum öncesi ve doğum sonrası sağ kalımı azalttığını ve merkezi sinir sistemi baskılanmasına yol açtığını kanıtlamaktadır (Arrhenius vd., 1977; Fang vd., 2016; Miller vd., 1982; Moss vd., 2000; Russell ve Montgomery 1980). Bir başka çalışmada TCS'ın fare karaciğerinde hepatosit proliferasyonunu ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) artmasına sebep olarak tümör promotörü olarak işlev gösterdiği kanıtlanmıştır (Yueh vd., 2014). TCS'ın farelerde maruziyet konsantrasyonuna bağlı olarak kardiyovasküler sistemin normal işleyişini sekteye uğrattığı gösterilmiştir (Cherednichenko vd., 2012). Ayrıca TCS bu canlılarda nefrotoksisite, hepatotoksisite, ve hipotermiye de neden olmaktadır (Chow vd., 1977; Miller vd., 1983). Sıçan beyнинin gelişmesinde TCS'ın etkisini araştıran Park vd. (2016) TCS maruziyetinin nörotoksisiteye sebep olabileceğini göstermişlerdir.

İnsan Maruziyeti ve Toksikitesi

Triklosanın çeşitli alanlarla kullanılmasından itibaren yapılan ilk çalışmalar TCS'ın akne, kontakt dermatit, deskuamasyon gibi yan etkilere karşı etkili olduğunu ve semptomları rahatlattığını göstermektedir (Aliaga vd., 1983; Franz vd., 1978; Kalliomaki ve Kuokkanen 1979; Skaare vd., 1996). TCS reaksiyonu ilk kez %0.12 ve %0.2 TCS bulunduran deodorantları kullanan iki hastada kontakt dermatit gelişmesi ile 1975'te görülmektedir (Roed-Petersen vd., 1975). Bir başka çalışma TCS'a maruz kalma durumunda maruziyet seviyesine bağlı olarak astım ve alerji riskinin artabileceğine dikkat çekilmiştir (Spanier vd., 2014). Bu tartışmaların ve verilerin analiz edilmesinin ardından ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), 2016 yılının Eylül ayında TCS bulunduran antiseptik ürünlerin yasaklanmasına karar vermiştir (Weatherly ve Gosse 2017). Daha sonra 2017 yılında Avrupa Komisyonu hijyenik amaçlar doğrultusunda kullanılan TCS ürünlerini yasaklarken, belli kozmetik ürünlerde % 0.3 ve % 0.2 oranda koruyucu amaçla kullanılmasına onay vermiştir. Bu nedenle hem atık sularda bulunan TCS'ın farklı ortamlara ve besin zincirine karışmasıyla hem de kullanılan bazı ürünlerin içeriği nedeniyle TCS'ın insanlar üzerindeki maruziyeti devam etmektedir. Örneğin Allmyr vd. (2006) emziren annelerden alınan süt ve kan örneklerinde, Calafat vd. (2008) 2003-2004 yılları arasında ABD nüfusunun yaklaşık %75'inin idrar örneklerinde değişen oranlarda TCS bulunduğu kanıtlanmaktadır. Takip eden yıllarda Quebec City'de test edilen insan idrar örneklerinden 46'sının 44'ünde TCS bulunduğu tespit edilmiştir (Provencher vd., 2014). Yin vd. (2016) tarafından Çin'de yapılan bir çalışmaya göre 209 kişiden alınan idrar örneklerinin yaklaşık %80'inde TCS bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmada kadın katılımcıların erkek katılımcılara göre daha yüksek oranda ve 20'li yaşlarda olan katılımcıların diğer yaş aralıklarındaki katılımcılara göre daha yüksek konsantrasyonlarda TCS'a maruz kaldığı görülmektedir (Yin vd., 2016). 2015 yılında ise spontan düşük oranları ile idrarda bulunan yüksek seviye TCS'ın arasında bir bağlantı olduğu vurgulanmıştır (Wang vd., 2015). Bazı araştırmacılar erkek bireylerin idrarlarında bulunan yüksek seviye TCS ile baş çevresinin küçülmesi arasında bir ilişki olduğunu gösterse de yapılan bazı çalışmalar yenidoğanlarda cinsiyet faktöründen bağımsız bir şekilde TCS seviyesindeki artışın baş çevresindeki ağırlığı ve uzunluğu etkilediğini göstermiştir (Etzet vd., 2017; Lassen vd., 2016; Philippat vd., 2014). Bu çalışmalar insanların TCS maruziyetini açıkça göstermektedir.

Triklosanın doğal çevrelerde antibiyotik dirençli bakterilere karşı kullanılması halk sağlığı açısından potansiyel bir risk teşkil etmektedir (Braoudaki ve Hilton 2004). Triklosan endokrin sistemi bozan bir bileşik olarak bilinir (Gee vd., 2008). İnsanların TCS'a geniş ölçüde maruz kalması sonucunda karaciğer ve safra kesesinde ve yağ dokusunda (Geens vd., 2012), idrarda (Calafat vd., 2008; Li vd.,2013; Pirard vd., 2012), kanda (Allmyr vd., 2008; Wu vd., 2012) tırnaklarda (Shi vd., 2013) ve anne sütünde (Toms vd., 2011) TCS varlığı saptanmıştır. Lipofilik özellikleri nedeniyle cilt tarafından kolayca emilen TCS çeşitli yollarla dolaşım sistemine katılabilmektedir (Lin 2000; Moss vd., 2000). Bu nedenle TCS maruziyeti insan bedeninin normal işleyişini bozabilmektedir. Örneğin Ashrap vd. (2017) yılında yaptıkları bir çalışma TCS yapısının tiroid hormonuna olan benzerliğinden dolayı TCS'ın potansiyel bir

tiroid interferonu olabileceğini, Skarkha vd. (2019) yılında yaptıkları bir diğer çalışmada TCS'in tiroid homeostazını ve otoimmüniteyi etkileyebileceğini belirtmektedirler. TSC'in hücre zarı hasarına, buna bağlı olarak K⁺ sızıntısına, hemolize, hipotonik lizise ve membrana bağlı Na⁺, K⁺, Mg²⁺-ATPase enzimatik aktivitesinin inhibisyonuna sebep olduğuna dair kanıtlar da bulunmaktadır (Lorusso vd., 1981; Miller ve Deinzer 1980; Villalain vd., 2001). Aynı zamanda TCS'in intrinsik östrojenik ve androjenik işleve sahip olduğu, cinsiyet hormonlarının normal işleyişlerini bozabilen endokrin bozucu bir potansiyeli olabileceği de belirtilmektedir (Olaniyan vd., 2016). Nassan ve ark. (2019) yılında yaptıkları çalışmada TCS'in üreme sistemini dolaylı bir şekilde etkileyebileceği kanıtlanmıştır (Nassan vd., 2019). TCS'in prostat kanser hücreleri üzerinde metastazı teşvik edici rol üstlendiği ve bu hücrelerin in vitro proliferasyonunu arttırdığı da değerlendirilmiştir (Kim vd., 2015).

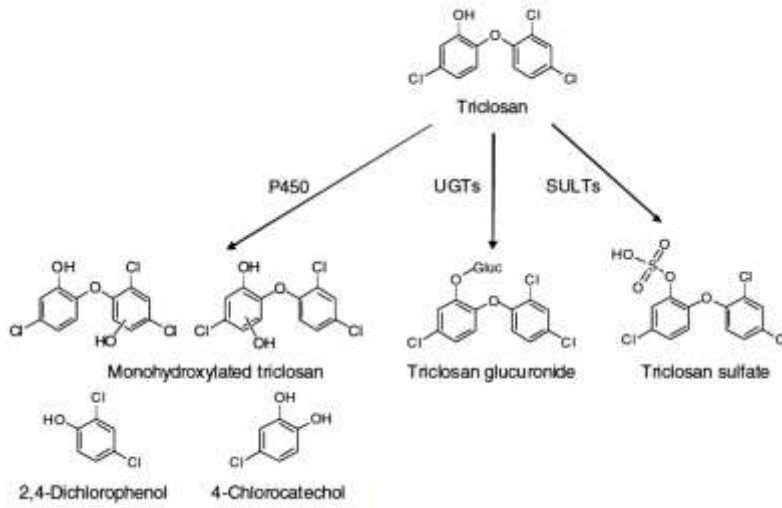
Mikrobiyel Toksikite

TCS'ye dair yapılan toksisite çalışmalarında TCS'den etkilenen çeşitli canlılar arasında mikroorganizmalar da bulunmaktadır (Fuchsman vd., 2010). Ricart vd. (2010) TCS'in farklı konsantrasyonlarda biyofilmden algelere ve bakterilere kısa dönemde ne şekilde etki edeceğine dair yaptıkları bir çalışmada TCS toksisitesinden bakterilerin algelere göre daha yüksek oranda etkilendiğini göstermişlerdir. Yapılan bu çalışmada denenen en yüksek konsantrasyonda bakterilerin %85'i ölmüştür (Ricart vd., 2010). Orvos vd. (2002) bir siyanobakteri olan *Anabaena flosaqua* için 96 saatlik TCS maruziyeti testi sonunda etkin konsantrasyon değerini (EC50) 1.6 µg/L, etki gözlemlenmeyen konsantrasyon (NOEC) değerini ise 0.8 µg/L olarak bulmuşlardır. Bulunan bu değeri ise fitoplanktonun gösterdiği duyarlılığa benzetmişlerdir (Orvos vd., 2002). *Vibrio fischeri* de 53 mcg/L (15 dk) EC50 değeri ile TCS'a duyarlı bir bakteri olarak belirlenmiştir (Delorenzo vd., 2008). *Dunaliella tertiolecta* ise triklosana en hassas türlerin başında gelmektedir (EC50; 3.55 mg/L-96 s) (Delorenzo vd., 2008). Aynı zamanda Stasinakis vd. (2008) heterotrofik ve ototrofik biyokütle ile yaptıkları bir deneyde nitrifikasyon bakterilerinin TCS'a karşı daha duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada lüminesans bir bakteri olan ve atık su toksisitesini izlemek için in vitro biyoanalizde kullanılan *Vibrio fischeri* için TCS'a karşı EC₅₀ değeri maruziyet süresine göre 220-520 µg/L olarak belirlenmiştir (Harada vd., 2008). Gonzalez-Pleiter vd. (2017) yaptıkları çalışmada yeşil bir alg *Chlamydomonas reinhardtii* ve patojenik mantar *Cryptococcus neoformans* gibi tek hücreli canlılarda TCS'in apoptoza veya benzeri bir hücre ölümüne neden olduğunu göstermişlerdir. TCS'in *Mycobacterium tuberculosis* üzerine genetik etkilerini araştıran bir çalışmada hücre duvarı, taşıma, detoksifikasyon, DNA replikasyonu ve transkripsiyonda görev alan çok çeşitli genlerdeki bozukluklar belirlenmiştir (Betts vd., 2003).

TCS'in antibiyotik direnci gelişimine sebep olduğuna dair bazı veriler de mevcuttur (Birosová ve Mikulášová 2009; Sandborgh-Englund vd., 2006). Örneğin TCS'ye daha uzun süre daha yüksek seviyede maruz kalan bakterilerin direnç arttırdığı bulunmuştur (Aiello vd., 2004; Maillard 2007). Seaman vd. (2007) penisilin, gentamisin, kinolonlara dirençli TCS toleranslı *Staphylococcus aureus*, Parikh vd. (2000) ise izoniazide dirençli TCS toleranslı *Mycobacterium smegmatis* izole etmişlerdir. Bakterilerin TCS'a maruziyet sonrası TCS'a dirençli hale gelebildiğine ayrıca bu maruziyet sonucu diğer antimikrobiyal maddelere ve birçok antibiyotiğe karşı direnç kazanabileceğine dair çalışmalar da mevcuttur (Braoudaki ve Hilton 2004; Chen vd., 2009; Drury vd., 2013; Nietch vd., 2013).

TCS Parçalama Yöntemleri

Atık sulardaki TCS, biyolojik bozunma ve sorpsiyon ile elimine edilir; ancak kalıntı TCS, yüzey sularındaki konsantrasyon artışına neden olur. Bu nedenle, triklosanın atık sulardan uzaklaştırılması, çevre sağlığını ve kalitesini korumak için gerekli bir göreve arkir (Lee vd., 2012; Lozano vd., 2013). Triklosan 2,4-diklorofenol ve klorlu bileşiklere kadar degrade olabilmektedir (Tastan ve Dönmez, 2015). Triklosan degradasyonunun şematik gösterimi Şekil 4'te verilmiştir (Fang vd., 2010). Triklosan ekosisteme sürekli olarak giriş yaptığı için TCS'ı çevreden uzaklaştırmayı amaçlayan yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler genel olarak kimyasal, biyolojik ve kombine yöntemler olarak sıralanabilmektedir (Wang ve Liang 2021).



Şekil 4. Triklosan Metabolizması

Kimyasal Yöntemler

Fiziksel, kimyasal ve iyonik olarak 3'e ayrılan adsorpsiyon metodunda TCS giderimi için kullanılan iki mekanizma mevcuttur. Birinci mekanizma adsorbanların Van der Waals kuvveti temeliyle çalışmaktadır (Wang vd., 2017). İkinci ise değişim adsorpsiyonudur ki bu mekanizmanın temel prensibi adsorban yüzeyinin yük taşıması ile meydana gelmektedir. Adsorpsiyon hidrofobik bir giderim metodu olmasının yanı sıra basit ve verimli bir yöntemdir fakat bu yöntemin dezavantajı maliyet yüksekliğidir. Bu yöntemin temel prensibi adsorbanların elek görevi görmesidir. TCS için uygulanan adsorbanlardan biri yeni keşfedilen hidrokarlardır (Han vd., 2016). Bunun yanı sıra karbon nanomalzemeler, aktif karbon, biyokömür, grafen, kaolin ve montmorillonitler de TCS için verimli şekilde kullanılmaktadır (Behera vd., 2010; Mohd Khori vd., 2018; Zhang vd., 2019).

Oksidasyon ve indirgeme yöntemleri adsorpsiyon yöntemine göre TCS'ı ya tamamen mineralize edebilir ya da toksik maddeye çevirme potansiyeli düşüktür bu yüzden daha çevre dostu, hızlı ve kolay kullanılabilir bir yöntemdir (Quan vd., 2019). Oksidasyon; enzim aracılı oksidasyon, fotokimyasal oksidasyon, ozon oksidasyonu ve ileri oksidasyon, indirgeme; katalitik hidrojenasyon ve elektron indirgeme olarak sınıflandırılabilir. Enzim aracılı oksidasyonda TCS için kullanılan en yaygın enzimler genellikle çeşitli mantarlarda bulunan lakkaz ve soya fasulyesi, yaban turpu gibi bitkilerde bulunan peroksidazlardır (Inoue vd., 2010; Li vd., 2016; Murugesan vd., 2010). Lakkaz kullanılan oksidasyon fenolik kirleticilerin gideriminde de kullanılmaktadır. Fotokimyasal oksidasyon, NH_2Cl gibi oksidasyonların kullanıldığı foto uyarılmış oksidasyon ve TiO_2 gibi katalizörlerin kullanıldığı fotokatalitik oksidasyondan oluşmaktadır (Constantin vd., 2018; Sun vd., 2019). Ozon oksidasyonu TCS'ı su ortamından uzaklaştırmada kullanılan verimli bir yöntemdir çünkü TCS ve yan ürünlerinin ortamdaki degrades edilmesi için gereken ozon miktarı çok azdır (Orhon vd., 2017). Ozon oksidasyonu sırasında TCS'in bazı yan ürünlere dönüşümü ile sonuçlanması da oldukça olasıdır. Ozonlama sırasında, ozonun fenol halkasının hidroksil grubu ile reaksiyonu ve fenol halkasına oksijen eklenmesi veya fenol halkasının açılması yoluyla TCS'in bozulması meydana gelebilmektedir (Mvula ve von Sonntag, 2003). Bu nedenle TCS'nin ozonlanması sırasında ana bileşiğe göre daha stabil ve daha toksik dönüşümler ve yan ürün oluşumları meydana gelebilir (Dann ve Hontela, 2011). Elektrokimyasal oksidasyon ise genellikle organik kirleticilerin su ortamından temizlenmesinde kullanılır ve farklı reaksiyonlarla kombine edilebilir aynı zamanda TCS degradesyonunda da uygun bir yöntemdir (Zhang vd., 2020). Genel olarak oksidasyon teknikleri TCS giderimi için etkili olmakla birlikte halojenlenmiş türlerin oluşumu (klorlama), nispeten düşük mineralizasyon derecesi (ozonasyon) ve nispeten yüksek enerji tüketimi (elektrokimyasal oksidasyon) gibi bazı dezavantajları hala mevcuttur (Luo vd., 2019).

Son yıllarda Peroksimonosülfat (PMS) kullanan ileri oksidasyon yöntemi organik kirleticilerin parçalanması için etkili işlemlerdir (Ebrahimi vd., 2024; Topaloğlu ve Kahraman, 2023). Bir çalışmada

kobalt ferrit, grafen oksit, MIL-101(Fe) ve bunların kompozit yapıları TCS giderimi için uygulanmıştır. En yüksek TCS giderim oranları sadece PMS, kobalt ferrit, grafen oksit ve PMS+kobalt ferrit+grafen oksit için sırasıyla %49.29, 66.13, 84.04, 89.73 ve %100 olarak bulunmuştur (Ebrahimi vd., 2024).

Biyolojik Yöntemler

Biyo-sorpsiyon ve biyoparçalama gibi yollarla farklı organizmalarla TCS'in uzaklaştırılması veya azaltılması olarak tanımlanabilen biyolojik yöntemler TCS giderimi için oldukça verimlidir (Tastan ve Dönmez, 2015). Diğer yöntemlere kıyaslandığında biyolojik arıtım oluşan yan ürünlerin genellikle ekotoksitesite açısından zararsız olmasından dolayı diğer yöntemlere kıyasla çok daha çevre dostu ve ekonomiktir (Lee vd., 2012; Wang vd., 2013). Triklosanın atık suların arıtımında, biyodegradasyona ve atık üzerinden emilimine dayanır (Singer vd., 2002; Ying ve Kookana 2007). Sürekli akış atık sistemlerinde %90'dan fazla, biyodegradasyonda ise %97 oranında TCS giderimi sağlanmaktadır (Stasinakis vd., 2007). Ayrıca funguslar aracılığı ile 2,4-dichlorophenol TCS'in biyotransformasyon ürünleri olarak rapor edilmiştir (Hundt vd., 2000). Triklosanın biyolojik olarak giderimi üç ana başlıkta incelenebilir. Bunlardan birincisi biyosorpsiyondur. Biyosorpsiyonda temel prensip yüksek oktanol olan TCS'in hidrofobik yüzey alanına sahip mikroorganizmalar tarafından emilmesidir (Chen vd., 2010., Wang vd., 2013). Seçilen mikroorganizmaya göre absorbe etme yeteneği farklılık gösterebilir. İkinci süreç biyo-degradasyondur ve genellikle mantar ve bakteriler tarafından bu süreç işlev gösterse de bazı alg hücreleri de TCS biyo-degradasyonunda kullanılabilir (Ding vd., 2018., Wang vd., 2018). Biyo-degradasyonda esas olarak enzimler kullanılmaktadır. Tastan vd. (2016) tarafından iki mantar suşunun, *Rhodotorula mucilaginosa* ve *Penicillium* sp.'in TCS biyoparçalama potansiyeli ve 2,4-diklorofenole (2,4-DCP) dönüşüm oranı araştırılmıştır. Her iki suş için çalışılan farklı besiyerlerinde en yüksek TCS biyoparçalama verimi, *R. mucilaginosa* için %48 ve *Penicillium* sp. için %82 olmuştur. *Penicillium* sp.'in TCS'a karşı daha toleranslı olduğu da kaydedilmiştir. Taramalı elektron mikroskopu mikrografı da TCS ile muamele edilen hücrelerin yapısal değişikliklerini ortaya koymaktadır. Genel olarak, *R. mucilaginosa* ve *Penicillium* sp.'in TCS'nin aktif alımında (degradasyonunda) ve pasif alımında (sorpsiyonunda) etkili mikroorganizmalar olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir (Tastan vd., 2016). Bir başka çalışmada *Aspergillus versicolor*'ın TCS degradasyonunun optimizasyonu araştırılmıştır. Fungus pH, besiyeri, artan TCS ve farklı biyokütle konsantrasyonlarının optimize edilmesiyle 15.69 mg/L TCS'ı %29.81 verim ve gram hücre başına 2.22 mg birikim ile gerçekleştirmiştir (Tastan ve Dönmez, 2015).

Üçüncü ve son süreç mikroorganizmaların TCS'ı dönüştürmeden sadece biriktirdiğini ifade eden biyolojik alım bir diğer deyişle biyo-birikimdir. Bu yöntem genellikle alglerde uygulanır. TCS lipitte kolay çözündüğü için mikroalg hücrelerine kolayca geçebilmektedirler (Lipnick 1995).

Kombine Metotlar

Kombine metotlar yukarıda bahsedilen yöntemlerin birleştirilmesiyle elde edilen, TCS'in gideriminde oldukça faydalı olan ve ikincil kirliliği azalttığı için çevre dostu olan bir süreçtir. Kombine bir yöntem olarak kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerin birleştirilmesi tetrasiklin ve karbamazepin gideriminde daha önce denenmiştir (Gómez-Pacheco vd., 2011; Keen vd., 2012). Bu yöntemde ayrıştırmak istenen kimyasal tamamen uzaklaştırılabilir de mineralizasyon düşük olabileceğinden biyolojik yöntemlerden yararlanmak faydalı olabilmektedir (Quan vd., 2019). Verimliliği arttırmak için daha farklı kombine metotları da kullanılabilir. Örneğin TCS giderimini amaçlayan bir çalışmada gama ışınlanması ve biyolojik metotlar birleştirilmiş ve geliştirilebilir sonuçlar alınmıştır (Wang vd., 2017). Benzer bir amaçla Xu vd. (2014) enzim aracılı oksidasyon giderimi olan lakkaz ile nanofiberi birlikte kullanarak TCS degradasyonundaki verimi arttırmıştır. Verilen örneklerde görüldüğü gibi hibrid yöntemler tekli yöntemlerle karşılaştırıldığında TCS giderimi için daha yüksek verim elde edebilme potansiyeline sahiptir ve bu alanda daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bir diğer alternatif metot olarak karbon membranlar, yüksek spesifik yüzey alanı ve yüksek elektronik iletkenliği ile kirleticiler üzerinde belirli bir adsorpsiyon etkisine sahiptir. Elektrokimyasal olarak aktifleştirilmiş persülfat bağlı karbon membran reaksiyon süreci sırasında, yüksek spesifik yüzey alanı

ve iyi iletkenliği sayesinde kirleticileri yüzeyinde toplanabilir ve bu da alternatif bir arıtım metodu sağlayabilir. Bir çalışmada persülfat bağlı karbon membran sistemi TCS gideriminde kullanılmış ve TCS giderimi 40 dakika içinde %90 olarak bulunmuştur (Liv d., 2023).

Türkiye’de Yapılmış Bazı Triklosan Çalışmaları

Olgun vd., (2011) nanogümüş çubuklar ve TCS içeren antimikrobiyal polikaprolakton-silika kompozit filmleri roll-milling yöntemi ile hazırlamışlardır. Kompozit filmlerin yüzeyinde *E. coli* ve *S. aureus*'un yok edilmesini 37°C'de 6 saat inkübasyondan sonra değerlendirmişlerdir. *E. coli* için, 6 saat sonra hiçbir bakteriyel kontaminasyon tespit edilmezken, *S. aureus* için, 6 saat sonra bakteriyel kontaminasyonda %94 azalma kaydedilmiştir.

Tastan ve Dönmez (2015) TCS'in *Aspergillus versicolor* tarafından biyodegradasyonunu araştırmışlardır. Simüle edilmiş atık su ve yarı sentetik ortamın fungal TCS bozunma süreci üzerindeki etkilerini tespit etmişlerdir. Tolere edilen en yüksek TCS konsantrasyonu 15.69 mg/L olarak bulunmuştur. Bu konsantrasyonda biyoparçalama verimi %29,81 ve q_m 2,22 mg/g olarak bulunmuştur.

Atar vd. (2015) atık suda TCS'in hassas ve seçici tespiti için alilmerkaptan modifiye altın SPR çipi ve baskılı poli(2-hidroksietil metakrilat-metakriloilamidoglutamik asit) [p(HEMAGA)] nanofilm kullanılarak yeni bir moleküler baskılı yüzey plazmon rezonans (SPR) kimyasal sensörü geliştirmişlerdir. SPR çipinin modifiye edilmemiş ve baskılanmış yüzeyleri Fourier transform infrared (FTIR) spektroskopisi, atomik kuvvet mikroskopu (AFM) ve temas açısı ölçümleri ile karakterize etmişlerdir. Triklosanın doğrusallık aralığı ve tespit limiti sırasıyla 0.05-1.0 ng/mL ve 0.017 ng/mL olarak bulunmuştur.

Tastan vd. (2016) *Rhodotorula mucilaginosa* ve *Penicillium sp.* olmak üzere iki mantar türünün TCS parçalanma potansiyelini ve 2,4-diklorofenole (2,4-DCP) dönüşme oranını değerlendirmişlerdir. Bu suşların her ikisi de minimal tuz ortamında yetiştirildiğinde TCS'a karşı daha az duyarlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çevresel koşulların TCS bozunması üzerindeki etkilerini değerlendirmek için, orijinal termik santral atık suyu, T6 nutrimedia ve amonyum mineral tuzları ortamı dâhil olmak üzere üç farklı kültür koşulu kullanılmıştır. Maksimum TCS parçalanma verimi 2,7 mg/L TCS konsantrasyonunda *R. mucilaginosa* için %48 ve *Penicillium sp.* için %82 olarak bulunmuştur. Sonuçta *Penicillium sp.* türünün TCS'a karşı daha toleranslı olduğu bulunmuştur.

Tastan vd. (2017) TCS'in iki tatlı su mikroalgiyle biyolojik olarak parçalanmasını ve akut toksisitesini ortaya koymuşlardır. *Geitlerinema sp.* ve *Chlorella sp.* 10 günde 3.99 mg/L TRC'ın sırasıyla %82.10 ve %92.83'ünü parçaladığı bulunmuştur. Mikroalgal büyüme inhibisyon deneyi ile 72 saat maruziyetten sonra 50 mg/L konsantrasyonda bile TCS'in *Chlorella sp.* üzerinde toksik etkisinin olmadığı doğrulanmıştır.

Orhon vd. (2017) TCS'in yüzey suyundan ozonlama ile giderilmesini araştırmışlardır. 1-5 mg/L TCS içeren bir yüzey suyundan 5 mg/L'de sürekli ozonlama yoluyla TCS'nin tamamen giderilmesinin, pH'a bağlı olarak 20-30 dakikalık bir ozonlama süresi gerektirdiğini göstermişlerdir. TCS ve yan ürünlerinin tam oksidasyonu için uygulanan ozon ihtiyacı, mg TCS başına 13,04 mg ozon olarak hesaplanmıştır.

Üstün-Odabaşı vd. (2020) Samsun'da bulunan bir içme suyu arıtma tesisi (İÇSS) ve bir atık su arıtma tesisinden (AAT) gelen atık su ve atık su içindeki TCS oluşumu ve giderimini incelemişlerdir. Triklosan konsantrasyonunu 2016 sonbaharından 2017 yazına kadar farklı mevsimlerde rapor etmişlerdir. İçme suyu arıtma tesisinden gelen atık su TCS konsantrasyonunu 0.342 µg/L, AAT'den gelen atık su içeriğindeki TCS konsantrasyonunu ise 0,58 µg/L olarak tespit etmişlerdir. İçme suyu arıtma tesisinin efluentinde, yaz aylarında 0.565 µg/L konsantrasyonda TCS tespit edilmiştir. Atık su arıtma tesisinin giriş suyunda kış mevsiminde TCS tespit edilirken, AAT'nin çıkış suyunda TCS tespit edilememiştir.

Cayan vd. (2020) TCS'in sıçanlarda in vitro embriyonik gelişim üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca gen ekspresyonu yoluyla hücreleri apoptoza indükleyen kaspaz 2, 7, 8 ve 9 seviyelerini belirlemişlerdir. Triklosan dozu arttıkça deney gruplarında morfolojik skorlamanın tüm

parametrelerinde anlamlı düşüşler elde edilmiştir. Triklosanın gebelik döneminde intrinsik yolak aracılığıyla hücrelerde apoptozise neden olduğunu ve artan TCS dozu ile artan embriyonik büyüme geriliğine yol açtığını belirlemiştir.

Çiftçi vd. (2023) farklı fizikokimyasal özelliklere sahip iki model bileşik olan düşük çözünürlüğe sahip hidrofobik bir bileşik TCS ile yüksek sulu çözünürlüğe sahip hidrofilik bir bileşik olan malaşit yeşilinin (MG), polietilen (PE) üzerinde kullanılması yoluyla organiklerin mikroplastiklerle etkileşimini karşılaştırmalı bir şekilde aydınlatmayı amaçlamışlardır. Kinetik çalışmalar sonucunda daha hızlı sorpsiyona ($t_{eq} = 24$ saat) işaret edilmiş, denge çalışmaları sonucunda ise TCS için MG'ye ($t_{eq} = 5$ d, $q_e = 221$ $\mu\text{g/g}$) kıyasla çok daha yüksek kapasiteye ($q_e = 6,921$ $\mu\text{g/g}$) sahip olduğu bulunmuştur. Kinetik modelin her iki organığın PE sorpsiyonuna uyarken, denge izotermelerinin yanı sıra partikül boyutu ve pH'ın etkisi ile sonuçların farklı sorpsiyon mekanizmalarına işaret ettiği tespit edilmiştir.

Sonuç

Antimikrobiyal ve antifungal etkileri nedeniyle tekstil ürünlerinde, kişisel bakım ürünlerinde ve plastiklerde kullanılan TCS, endokrin bozucu özellikleri ve hatta antibiyotiklere karşı bakteriyel direnci kolaylaştırabilmesi özellikleri nedeniyle son yıllarda dikkatleri üzerine çekmiş bir maddedir. Triklosanın sucul ortamdaki varlığının ana kaynağı, aşırı kullanımına bağlı olarak ve dolayısıyla bertarafı da dikkate alındığında, atık sulardır. Tam olarak giderilemediğinden TCS kalıntıları yüzey ve yeraltı sularında tespit edilebilmekte ve suda yaşayan organizmalar ve sedimentlerde giderek artan birikim potansiyeline sahip olabilmektedir. Triklosan maruziyeti sonucu potansiyel toksisitesi ile sistemik rahatsızlıklar, tiroid ve nörogelişim bozuklukları, kardiyotoksikite, metabolik bozukluklar ve geniş bakteri gruplarının artan direnci arasındaki ilişkiler pek çok çalışma ile ortaya konmuştur. İyi bir ekolojik statüye ulaşabilmek için güvenlik önlemleri ve çevre koruma ile uyumlu uygun mevzuata tam bağlılık gerekmektedir. Triklosan toksisitesinin çevresel açıdan hergeçen gün daha önemli olması, TCS'in tüm detaylarıyla anlaşılması için çok daha fazla sayıda detaylı çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma 122Z742 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Yazar Katkısı

Bu araştırmadaki bütün yazarlar makalenin yazılmasına, yorumlanmasına ve tasarımına aynı oranda katkıda bulunmuştur.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

ORCID

Elif Betül Kağızman  <https://orcid.org/0000-0002-0328-8623>

Şeyda Fikirdeşici Ergen  <https://orcid.org/0000-0002-4623-1256>

Burcu Ertit Taştan  <https://orcid.org/0000-0003-4644-8305>

Kaynaklar

Aiello, A. E., Marshall, B., Levy, S. B., Della-Latta, P. ve Larson, E. (2004). Relationship between triclosan and susceptibilities of bacteria isolated from hands in the community. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 48(8), 2973-2979. <http://doi.org/10.1128/AAC.48.8.2973-2979.2004>

- Aliaga A., Castells A. ve Kriznik D. (1983). An overview of two comparative multicentre trials with halometasone/triclosan cream in acute superficial bacterial skin infections. *The Journal of International Medical Research*, 11(1), 53–57. <https://europepmc.org/article/med/6339294>
- Allmyr M., Adolfsson-Erici M., McLachlan M.S., ve Sandborgh-Englund G. (2006). Triclosan in plasma and milk from Swedish nursing mothers and their exposure via personal care products. *Sci Total Environ*, 372, 87–93. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.08.007>
- Allmyr M., Harden F., Toms L.M., Mueller J.F., McLachlan M.S., Adolfsson-Erici M. ve Sandborgh-Englund G. (2008). The influence of age and gender on triclosan concentrations in Australian human blood serum. *Sci Total Environ*, 393, 162–167. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.12.006>
- Aranami K. ve Readman J. W. (2007). Photolytic degradation of triclosan in freshwater and seawater. *Chemosphere*, 66(6), 1052–1056. <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.07.010>
- Arrhenius E., Renberg L., Johansson L. ve Zetterqvist M.A. (1977). Disruption of microsomal detoxification mechanisms in the liver by chlorophenol pesticides. *Chemico-Biological Interactions*, 18(1), 35–46. [http://doi.org/10.1016/0009-2797\(77\)90139-9](http://doi.org/10.1016/0009-2797(77)90139-9)
- Ashrap, P., Zheng, G., Wan, Y., Li, T., Hu, W., Li, W., ... ve Hu, J. (2017). Discovery of a widespread metabolic pathway within and among phenolic xenobiotics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(23), 6062–6067. <http://doi.org/10.1073/pnas.1700558114>
- Atar, N., Eren, T., Yola, M. L. ve Wang, S. (2015). A sensitive molecular imprinted surface plasmon resonance nanosensor for selective determination of trace triclosan in wastewater. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 216, 638–644. <http://doi.org/10.1016/j.snb.2015.04.076>
- Bayston, R., Ashraf, W. ve Smith, T. (2007). Triclosan resistance in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* expressed as small colony variants: A novel mode of evasion of susceptibility to antiseptics. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 59(5), 848–853. <https://doi.org/10.1093/jac/dkm031>
- Bedoux G., Roig B., Thomas O., Dupont V. ve Le Bot B. (2012). Occurrence and toxicity of antimicrobial triclosan and by-products in the environment. *Environ Sci Pollut R*, 19(4), 1044–1065. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0632-z>
- Behera, S. K., Oh, S. Y. ve Park, H. S. (2010). Sorption of triclosan onto activated carbon, kaolinite and montmorillonite: effects of pH, ionic strength, and humic acid. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3), 684–691. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0632-z>
- Bellamy, K., Alcock, R., Babb, J. R., Davies, J. G. ve Ayliffe, G. A. J. (1993). A test for the assessment of 'hygienic' hand disinfection using rotavirus. *Journal of Hospital Infection*, 24(3), 201–210. [https://doi.org/10.1016/0195-6701\(93\)90049-6](https://doi.org/10.1016/0195-6701(93)90049-6)
- Benotti, M. J., Trenholm, R. A., Vanderford, B. J., Holady, J. C., Stanford, B. D. ve Snyder, S. A. (2009). Pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in US drinking water. *Environmental science & technology*, 43(3), 597–603. <https://doi.org/10.1021/es801845a>
- Betts, J. C., McLaren, A., Lennon, M. G., Kelly, F. M., Lukey, P. T., Blakemore, S. J. ve Duncan, K. (2003). Signature gene expression profiles discriminate between isoniazid-, thioacetamide-, and triclosan-treated *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 47(9), 2903–2913. <https://doi.org/10.1128/AAC.47.9.2903-2913.2003>
- Bhargava, H. N. ve Leonard, P. A. (1996). Triclosan: Applications and safety. *American Journal of Infection Control*, 24(3), 209–218. [https://doi.org/10.1016/S0196-6553\(96\)90017-6](https://doi.org/10.1016/S0196-6553(96)90017-6)

- Birosová, L. ve Mikulášová, M. (2009). Evolution of triclosan and antibiotic resistance in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *J Med Microbiol*, 58, 436–441. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.003657-0>
- Braoudaki, M. ve Hilton, A.C. (2004). Low level of crossresistance between triclosan and antibiotics in *Escherichia coli* K-12 and *E. coli* O55 compared to *E. coli* O157. *FEMS Microbiol Lett*, 235, 305–309. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2004.04.049>
- Brown, K.D., Kulis, J., Thomson, B., Chapman, T.H. ve Mawhinney, D.B. (2006). Occurrence of antibiotics in hospital, residential, and dairy, effluent, municipal wastewater, and the Rio Grande in New Mexico. *Science of the Total Environment*, 366, 772–783. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.10.007>
- Calafat, A.M., Ye, X., Wong, L.Y., Reidy, J.A. ve Needham, L.L. (2008). Urinary concentrations of triclosan in the U.S. population: 2003-2004. *Environ Health Persp*, 116, 303–307. <https://doi.org/10.1289/ehp.10768>
- Capdevielle, M., Van Egmond, R., Whelan, M., Versteeg, D., Hofmann-Kamensky, M., Inauen, J., ... ve Woltering, D. (2008). Consideration of exposure and species sensitivity of triclosan in the freshwater environment. *Integrated environmental assessment and management*, 4(1), 15-23. <https://doi.org/10.1897/ieam.2007-022.1>
- Cayan, D., Unur, E., Nisari, M., Patat, D., Dağlı, E. ve Akalin, H. (2020). The effect of triclosan on in vitro embryonic development in rat. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 26(5), 595–602. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2020.23873>
- Chau, W. C., Wu, J. L. ve Cai, Z. (2008). Investigation of levels and fate of triclosan in environmental waters from the analysis of gas chromatography coupled with ion trap mass spectrometry. *Chemosphere*, 73(1), S13-S17. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.01.087>
- Chen, X., Nielsen, J. L., Furgal, K., Liu, Y., Lolas, I. B. ve Bester, K. (2011). Biodegradation of triclosan and formation of methyl-triclosan in activated sludge under aerobic conditions. *Chemosphere*, 84(4), 452-456. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.042>
- Chen, Y., Pi, B., Zhou, H., Yu, Y. ve Li, L. (2009). Triclosan resistance in clinical isolates of *Acinetobacter baumannii*. *Journal of medical microbiology*, 58(8), 1086-1091. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.008524-0>
- Chen, Z., Le, J., Wang, S., Jie, Q., Kang, L., Xu, L., Shi, Y. ve Yan, Y. (2010). Biodegradation of beta-cypermethrin by two *Serratia* spp. with different cell surface hydrophobicity, *Bioresour Technol*, 101: 3423–3429. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.083>
- Cherednichenko, G., Zhang, R., Bannister, R. A., Timofeyev, V., Li, N., Fritsch, E. B., ... ve Pessah, I. N. (2012). Triclosan impairs excitation–contraction coupling and Ca²⁺ dynamics in striated muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(35), 14158-14163. <https://doi.org/10.1073/pnas.12113141>
- Chiaia-Hernandez, A. C., Ashauer, R., Moest, M., Hollingshaus, T., Jeon, J., Spaak, P. ve Hollender, J. (2013). Bioconcentration of organic contaminants in *Daphnia* resting eggs. *Environmental science & technology*, 47(18), 10667-10675. <https://doi.org/10.1021/es401763d>
- Chow, A. Y. K., Hirsch, G. H. ve Buttar, H. S. (1977). Nephrotoxic and hepatotoxic effects of triclosan and chlorhexidine in rats. *Toxicology and applied pharmacology*, 42(1), 1-10. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(77\)90191-0](https://doi.org/10.1016/0041-008x(77)90191-0)
- Clarke, B.O. ve Smith, S.R. (2011). Review of 'emerging' organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. *Environ Intl*, 37, 226–247. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004>

- Condell, O., Sheridan, A., Power, K. A., Bonilla-Santiago, R., Sergeant, K., Renaut, J., ... ve Nally, J. E. (2012). Comparative proteomic analysis of Salmonella tolerance to the biocide active agent triclosan. *Journal of proteomics*, 75(14), 4505-4519. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.044>
- Constantin, L. A., Nitoi, I., Cristea, N. I. ve Constantin, M. A. (2018). Possible degradation pathways of triclosan from aqueous systems via TiO₂ assisted photocatalysis. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 58, 155-162. <https://doi.org/10.5505/pajes.2020.66066>
- Crofton, K. M., Paul, K. B., DeVito, M. J. ve Hedge, J. M. (2007). Short-term in vivo exposure to the water contaminant triclosan: evidence for disruption of thyroxine. *Environmental toxicology and pharmacology*, 24(2), 194-197. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2007.04.008>
- Çiftçi, G., Türkeli, Ü. D., Özen, E. Y., Özdemir, M., Sanin, F. D. ve İmamoğlu, İ. (2023). Microplastics and organics—A comparative study of sorption of triclosan and malachite green onto polyethylene. *Water Science & Technology*, 87(5), 1072-1081. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.040>
- Dann, A.B. ve Hontela, A. (2011). Triclosan: environmental exposure, toxicity and mechanisms of action, *J Appl Toxicol*, 31(4), 285–311. <https://doi.org/10.1002/jat.1660>
- Dayan, A.D. (2007). Risk assessment of triclosan [Irgasan®] in human breast milk. *Food Chem Toxicol*, 45, 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.08.009>
- Delorenzo, M.E., Keller, J.M., Arthur, C.D., Finnegan, M.C., Harper, H.E., Winder, V.L. ve Zdankiewicz, D.L. (2008). Toxicity of the antimicrobial compound triclosan and formation of the metabolite methyl-triclosan in estuarine systems. *Environmental Toxicology*, 23, 224–232. <https://doi.org/10.1002/tox.20327>
- DEPA (2016). *Survey of triclosan in cosmetic products*. No.152, The Danish Environmental Protection Agency.
- Ding, T., Lin, K., Yang, M., Bao, L., Li, J., Yang, B. ve Gan, J. (2018). Biodegradation of triclosan in diatom *Navicula* sp.: Kinetics, transformation products, toxicity evaluation and the effects of pH and potassium permanganate. *J Hazard Mater* 344: 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.09.033>
- Drury, B., Scott, J., Rosi-Marshall, E. J. ve Kelly, J. J. (2013). Triclosan exposure increases triclosan resistance and influences taxonomic composition of benthic bacterial communities. *Environmental science & technology*, 47(15), 8923-8930. <https://doi.org/10.1021/es401919k>
- Ebrahimi, A., Lin, K.Y.A. ve Moazeni, M. (2024). A comparative investigation on the decomposition of triclosan via synthesized heterogeneous nano-catalysts in the presence of peroxydisulfate. *Catalysis Communications*, 186, 106820. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106820>
- EPA (2008). *Pesticides and toxic substances*. United States Environmental Protection Agency.
- Ertit Taştan, B., Özdemir, C. ve Tekinay, T. (2016). Effects of different culture media on biodegradation of triclosan by *Rhodotorula mucilaginosa* and *Penicillium* sp. *Water Science and Technology*, 74(2), 473-481. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.221>
- Etzell, T. M., Calafat, A. M., Ye, X., Chen, A., Lanphear, B. P., Savitz, D. A., ... ve Braun, J. M. (2017). Urinary triclosan concentrations during pregnancy and birth outcomes. *Environmental research*, 156, 505-511. doi: 10.1016/j.envres.2017.04.015.
- Falkenburger, B.H., Jensen, J.B. ve Hille, B. (2010). Kinetics of PIP₂ metabolism and KCNQ2/3 channel regulation studied with a voltage-sensitive phosphatase in living cells. *J Gen Physiol*, 135, 99–114. <https://doi.org/10.1085/jgp.200910345>

- Fang, J. L., Stingley, R. L., Beland, F. A., Harrouk, W., Lumpkins, D. L. ve Howard, P. (2010). Occurrence, efficacy, metabolism, and toxicity of triclosan. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 28(3), 147-171. <https://doi.org/10.1080/10590501.2010.504978>
- Fang, J. L., Vanlandingham, M., da Costa, G. G. ve Beland, F. A. (2016). Absorption and metabolism of triclosan after application to the skin of B 6 C 3 F 1 mice. *Environmental toxicology*, 31(5), 609-623. <https://doi.org/10.1002/tox.22074>
- Franz, E. ve Weidner-Strahl, S. (1978). The effectiveness of topical antibacterials in acne: a double-blind clinical study. *The Journal of International Medical Research*, 6(1), 72-77. <https://doi.org/10.1177/030006057800600113>
- Fritsch, E. B., Connon, R. E., Werner, I., Davies, R. E., Beggel, S., Feng, W. ve Pessah, I. N. (2013). Triclosan impairs swimming behavior and alters expression of excitation-contraction coupling proteins in fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Environmental science & technology*, 47(4), 2008-2017. <https://doi.org/10.1021/es303790b>
- Fuchsman, P., Lyndall, J., Bock, M., Lauren, D., Barber, T., Leigh, K., ... ve Capdevielle, M. (2010). Terrestrial ecological risk evaluation for triclosan in land-applied biosolids. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 6(3), 405-418. https://doi.org/10.1897/IEAM_2009-071.1
- Gee, R. H., Charles, A., Taylor, N. ve Darbre, P. D. (2008). Oestrogenic and androgenic activity of triclosan in breast cancer cells. *Journal of Applied Toxicology: An International Journal*, 28(1), 78-91. <https://doi.org/10.1002/jat.1316>
- Geens, T., Neels, H. ve Covaci, A. (2012). Distribution of bisphenol-A, triclosan and n nonylphenol in human adipose tissue, liver and brain. *Chemosphere*, 87: 796-802. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.01.002>
- Gómez-Pacheco, C. V., Sánchez-Polo, M., Rivera-Utrilla, J. ve López-Peñalver, J. (2011). Tetracycline removal from waters by integrated technologies based on ozonation and biodegradation. *Chemical engineering journal*, 178, 115-121. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.10.023>
- González-Pleiter, M., Rioboo, C., Reguera, M., Abreu, I., Leganés, F., Cid, Á. ve Fernández-Piñas, F. (2017). Calcium mediates the cellular response of *Chlamydomonas reinhardtii* to the emerging aquatic pollutant Triclosan. *Aquatic toxicology*, 186, 50-66. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.02.021>
- Halden, R. U. ve Paull, D. H. (2005). Co-occurrence of triclocarban and triclosan in US water resources. *Environmental science & technology*, 39(6), 1420-1426. <https://doi.org/10.1021/es058014y>
- Han, L., Ro, K. S., Sun, K., Sun, H., Wang, Z., Libra, J. A. ve Xing, B. (2016). New evidence for high sorption capacity of hydrochar for hydrophobic organic pollutants. *Environmental science & technology*, 50(24), 13274-13282. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02401>
- Harada, A., Komori, K., Nakada, N., Kitamura, K. ve Suzuki, Y. (2008). Biological effects of PPCPs on aquatic lives and evaluation of river waters affected by different wastewater treatment levels. *Water Science and Technology*, 58(8), 1541-1546. <https://doi.org/10.2166/wst.2008.742>
- Hundt, K. A. I., Martin, D., Hammer, E., Jonas, U., Kindermann, M. K. ve Schauer, F. (2000). Transformation of triclosan by *Trametes versicolor* and *Pycnoporus cinnabarinus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(9), 4157-4160. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.9.4157-4160.2000>

- Inoue, Y., Hata, T., Kawai, S., Okamura, H. ve Nishida, T. (2010). Elimination and detoxification of triclosan by manganese peroxidase from white rot fungus. *Journal of Hazardous materials*, 180(1-3), 764-767. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.04.024>
- Ishibashi, H., Matsumura, N., Hirano, M., Matsuoka, M., Shiratsuchi, H., Ishibashi, Y., ... ve Arizono, K. (2004). Effects of triclosan on the early life stages and reproduction of medaka *Oryzias latipes* and induction of hepatic vitellogenin. *Aquatic Toxicology*, 67(2), 167-179. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2003.12.005>
- Kalliomaki, P. ve Kuokkanen, K. (1979). Comparative study on the efficacy and tolerance of the ointments CGP433 and GP41353 in the treatment of infectious dermatitis. *Zeitschrift für Hautkrankheiten*, 54(14), 668–670.
- Keen, O. S., Baik, S., Linden, K. G., Aga, D. S. ve Love, N. G. (2012). Enhanced biodegradation of carbamazepine after UV/H₂O₂ advanced oxidation. *Environmental science & technology*, 46(11), 6222-6227. <https://doi.org/10.1021/es300897u>
- Kim, S. H., Hwang, K. A., Shim, S. M. ve Choi, K. C. (2015). Growth and migration of LNCaP prostate cancer cells are promoted by triclosan and benzophenone-1 via an androgen receptor signaling pathway. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39(2), 568-576. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.01.003>
- Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B. ve Buxton, H.T. (2002). Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999–2000: A national expedition. *Environ Sci Technol*, 36, 1202–1211. <https://doi.org/10.1021/es011055j>
- Kolpin, D.W., Skopec, M., Meyer, M.T., Furlong, E.T. ve Zaugg, S.D. (2004). Urban contribution of pharmaceuticals other organic wastewater contaminants to streams during differing flow conditions. *Sci Total Environ*, 328, 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.01.015>
- Kumar, K.S., Priya, S.M., Peck, A.M. ve Sajwan, K.S. (2010). Mass loadings of triclosan and triclocarban from four wastewater treatment plants to three rivers and landfill in Savannah, Georgia, USA. *Arch Environ Contam Toxicol*, 58, 275–285. <https://doi.org/10.1007/s00244-009-9383-y>
- Kummerer, K. (2004). Resistance in the environment. *Antimicrobial Chemotherapy*, 54, 311–320. <https://doi.org/10.1093/jac/dkh325>
- Lan, Z., Hyung Kim, T., Shun Bi, K., Hui Chen, X. ve Sik Kim, H. (2015). Triclosan exhibits a tendency to accumulate in the epididymis and shows sperm toxicity in male sprague-dawley rats. *Environmental toxicology*, 30(1), 83-91. <https://doi.org/10.1002/tox.21897>
- Lassen, T. H., Frederiksen, H., Kyhl, H. B., Swan, S. H., Main, K. M., Andersson, A. M., ... ve Jensen, T. K. (2016). Prenatal triclosan exposure and anthropometric measures including anogenital distance in Danish infants. *Environmental Health Perspectives*, 124(8), 1261-1268. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409637>
- Latch, D.E., Packer, J.L., Stender, B.L., VanOverbeke, J., Arnold, W.A. ve McNeill, K. (2005). Aqueous photochemistry of triclosan: Formation of 2,4-dichlorophenol, 2,8-dichlorodibenzo-p-dioxin, and oligomerization products. *Environ Toxicol Chem*, 24, 517–525. <https://doi.org/10.1897/04-243r.1>
- Li, J., Wu, D., Zhang, H., Wang, L., Wang, H., Ba, Z. (2023). Insights into a removal mechanism of triclosan using an electroactivated persulfate-coupled carbon membrane system. *Catalysts*, 13, 10, 1321. <https://doi.org/10.3390/catal13101321>
- Li, J., Peng, J., Zhang, Y., Ji, Y., Shi, H., Mao, L. ve Gao, S. (2016). Removal of triclosan via peroxidases-mediated reactions in water: Reaction kinetics, products and detoxification. *Journal of hazardous materials*, 310, 152-160. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.02.037>

- Li, X., Ying, G. G., Zhao, J. L., Chen, Z. F., Lai, H. J. ve Su, H. C. (2013). 4-Nonylphenol, bisphenol-A and triclosan levels in human urine of children and students in China, and the effects of drinking these bottled materials on the levels. *Environment international*, 52, 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.03.026>
- Lin, Y.J. (2000). Buccal absorption of triclosan following topical mouthrinse application. *Am J Dent*, 13, 215–217. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11763935/>
- Lindström, A., Buerge, I.J., Poiger, T., Bergqvist, P.A., Müller, M.D. ve Buser, H.R. (2002). Occurrence and environmental behavior of the bactericide triclosan and its methyl derivative in surface waters and in wastewater. *Environ Sci Technol*, 36(11), 2322–9. <https://doi.org/10.1021/es0114254>
- Lipnick, R.L. (1995). Computational chemistry in environmental toxicology QSAR. *Environ Res*, 4(2-3): 125–130. <https://doi.org/10.1080/10629369508029909>
- Liu, F., Ying, G.G., Yang, L.H. ve Zhou, Q.X. (2009). Terrestrial ecotoxicological effects of the antimicrobial agent triclosan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(1), 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.06.009>
- Loraine, G.A. ve Pettigrove., M.E. (2006). Pharmaceutical and personal use in drinking water and recycled wastewater in Southern California seasonal variations in the concentration of care products. *Environ Sci Technol*, 40, 687–695. <https://doi.org/10.1021/es051380x>
- Lorusso, D. J., Miller, T. L. ve Deinzer, M. L. (1981). Effect of hydroxychlorodiphenyl ethers (chlorinated pre-and isopredioxins) on erythrocyte membrane adenosinetriphosphatase activity. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 8(1-2), 215-223. <https://doi.org/10.1080/15287398109530065>
- Lozano, N., Rice, C. P., Ramirez, M. ve Torrents, A. (2013). Fate of triclocarban, triclosan and methyltriclosan during wastewater and biosolids treatment processes. *Water research*, 47(13), 4519-4527. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.05.015>
- Luo, Z., He, Y., Zhi, D., Luo, L., Sun, Y., Khan, E., Wang, L., Peng, Y., Zhou, Y. ve Tsang, D.C.W. (2019). Current progress in treatment techniques of triclosan from wastewater: A review, *Sci Total Environ*, 696, 133990. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133990>
- Ma, Z., Liu, H. ve Yu, H. (2019). Triclosan affects Ca²⁺ regulatory module and musculature development in skeletal myocyte during early life stages of zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Science & Technology*, 53(20), 11988-11998. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03231>
- Maillard, J.Y. (2007). Bacterial resistance to biocides in the healthcare setting: should we be worried? *J Hospital Infection*, 65, 60–72. [https://doi.org/10.1016/S0195-6701\(07\)60018-8](https://doi.org/10.1016/S0195-6701(07)60018-8)
- McMurry, L. M., Oethinger, M. ve Levy, S. B. (1998). Triclosan targets lipid synthesis. *Nature*, 394(6693), 531-532. <https://doi.org/10.1038/28970>
- Miller, T. L. ve Deinzer, M. L. (1980). Effects of nonachloropredioxin and other hydroxychlorodiphenyl ethers on biological membranes. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 6(1), 11-25. <https://doi.org/10.1080/15287398009529827>
- Miller, T. L., Lorusso, D. J. ve Deinzer, M. L. (1982). The acute toxicity of nonachloropredioxin and 3- and 4-hydroxyonachlorodiphenyl ether in mice. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 10(4-5), 699-707. <https://doi.org/10.1080/15287398209530288>
- Miller, T. L., Lorusso, D. J., Walsh, M. L. ve Deinzer, M. L. (1983). The acute toxicity of penta-, hexa-, and heptachlorohydroxydiphenyl ethers in mice. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 12(2-3), 245-253. <https://doi.org/1080/15287398309530423>

- Mohd Khori, N. K. E., Hadibarata, T., Elshikh, M. S., Al-Ghamdi, A. A., Salmiati, ve Yusop, Z. (2018). Triclosan removal by adsorption using activated carbon derived from waste biomass: Isotherms and kinetic studies. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 65(8), 951-959. <https://doi.org/10.1002/jccs.201700427>
- Moss, T., Howes, D. ve Williams, F. M. (2000). Percutaneous penetration and dermal metabolism of triclosan (2, 4, 4'-trichloro-2'-hydroxydiphenyl ether). *Food and chemical toxicology*, 38(4), 361-370. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(99\)00164-7](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(99)00164-7)
- Murugesan, K., Chang, Y. Y., Kim, Y. M., Jeon, J. R., Kim, E. J. ve Chang, Y. S. (2010). Enhanced transformation of triclosan by laccase in the presence of redox mediators. *Water Research*, 44(1), 298-308. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.09.058>
- Mvula, E. ve von Sonntag, C. (2003). Ozonolysis of phenols in aqueous solution. *Org Biomol Chem*, 1, 1749–1756. <https://doi.org/10.1039/B301824P>
- Nassan, F. L., Mínguez-Alarcón, L., Williams, P. L., Dadd, R., Petrozza, J. C., Ford, J. B., ... ve EARTH Study Team. (2019). Urinary triclosan concentrations and semen quality among men from a fertility clinic. *Environmental research*, 177, 108633. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108633>
- Nietch, C. T., Quinlan, E. L., Lazorchak, J. M., Impellitteri, C. A., Raikow, D. ve Walters, D. (2013). Effects of a chronic lower range of triclosan exposure on a stream mesocosm community. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32(12), 2874-2887. <https://doi.org/10.1002/etc.2385>
- Olaniyan, L. W. B., Mkwetshana, N. ve Okoh, A. I. (2016). Triclosan in water, implications for human and environmental health. *Springerplus*, 5, 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3287-x>
- Olgun, U., Tunç, K. ve Özasan, V. (2011). Preparation of antimicrobial polycaprolactone-silica composite films with nanosilver rods and triclosan using roll-milling method. *Polymers for Advanced Technologies*, 22(2), 232-236. <https://doi.org/10.1002/pat.1524>
- Orhon, K. B., Orhon, A. K., Dilek, F. B. ve Yetis, U. (2017). Triclosan removal from surface water by ozonation-Kinetics and by-products formation. *Journal of environmental management*, 204, 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.025>
- Orvos, D. R., Versteeg, D. J., Inauen, J., Capdevielle, M., Rothenstein, A. ve Cunningham, V. (2002). Aquatic toxicity of triclosan. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 21(7), 1338-1349. <https://doi.org/10.1002/etc.5620210703>
- Parikh S.L., Xiao G. ve Tong P.J. (2000). Inhibition of InhA, an enoyl reductase from Mycobacterium tuberculosis, by triclosan and isoniazid. *Biochemistry*, 39, 7645–7650. <https://doi.org/10.1002/mco2.353>
- Park, B. K., Gonzales, E. L. T., Yang, S. M., Bang, M., Choi, C. S. ve Shin, C. Y. (2016). Effects of triclosan on neural stem cell viability and survival. *Biomolecules & therapeutics*, 24(1), 99. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2015.164>
- Peng, X., Xiong, S., Ou, W., Wang, Z., Tan, J., Jin, J., ... ve Fan, Y. (2017). Persistence, temporal and spatial profiles of ultraviolet absorbents and phenolic personal care products in riverine and estuarine sediment of the Pearl River catchment, China. *Journal of Hazardous Materials*, 323, 139-146. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.05.020>
- Philippat, C., Botton, J., Calafat, A. M., Ye, X., Charles, M. A., Slama, R. ve EDEN Study Group. (2014). Prenatal exposure to phenols and growth in boys. *Epidemiology*, 25(5), 625-635. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000132>
- Pirard, C., Sagot, C., Deville, M., Dubois, N. ve Charlier, C. (2012). Urinary levels of bisphenol A, triclosan and 4-nonylphenol in a general Belgian population. *Environment international*, 48, 78-83. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.07.003>

- Provencher, G., Bérubé, R., Dumas, P., Bienvenu, J. F., Gaudreau, É., Bélanger, P. ve Ayotte, P. (2014). Determination of bisphenol A, triclosan and their metabolites in human urine using isotope-dilution liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1348, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.04.072>
- Pullaguri, N., Nema, S., Bhargava, Y. ve Bhargava, A. (2020). Triclosan alters adult zebrafish behavior and targets acetylcholinesterase activity and expression. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 75, 103311. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.103311>
- Pycke BFG, Roll IB, Brownawell BJ, Kinney CA, Furlong ET ve Kolpin DW (2014). Triclocarban in sewage sludge in the United States and conversion products of triclosan and human metabolites. *Environmental Sci Technol*, 48(14), 7881–7890. <https://doi.org/10.3390/molecules26092811>
- Quan, B., Li, X., Zhang, H., Zhang, C., Ming, Y., Huang, Y., ... ve Tang, Y. (2019). Technology and principle of removing triclosan from aqueous media: A review. *Chemical engineering journal*, 378, 122185. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122185>
- Regös, J., Zak, O., Solf, R., Vischer, W. A. ve Weirich, E. G. (1979). Antimicrobial spectrum of triclosan, a broad-spectrum antimicrobial agent for topical application: ii. comparison with some other antimicrobial agents. *Dermatology*, 158(1), 72-79. <https://doi.org/10.1159/000250746>
- Reiss, R., Mackay, N., Habig, C. ve Griffin, J. (2002). An ecological risk assessment for triclosan in lotic systems following discharge from wastewater treatment plants in the United States. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 21(11), 2483-2492. <https://doi.org/10.1002/etc.5620211130>
- Ricart, M., Guasch, H., Alberch, M., Barceló, D., Bonnineau, C., Geiszinger, A., ... ve Sabater, S. (2010). Triclosan persistence through wastewater treatment plants and its potential toxic effects on river biofilms. *Aquatic Toxicology*, 100(4), 346-353. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.08.010>
- Roed-Petersen, J., Auken, G. ve Hjorth, N. (1975). Contact sensitivity to Irgasan DP 300. *Contact Dermatitis*, 1(5), 293-294. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1975.tb05439.x>
- Russell, L. B., & Montgomery, C. S. (1980). Use of the mouse spot test to investigate the mutagenic potential of triclosan (Irgasan® DP300). *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 79(1), 7-12. [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(80\)90142-1](https://doi.org/10.1016/0165-1218(80)90142-1)
- Sabaliunas, D., Webb, S. F., Hauk, A., Jacob, M. ve Eckhoff, W. S. (2003). Environmental fate of triclosan in the River Aire Basin, UK. *Water research*, 37(13), 3145-3154. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00164-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00164-7)
- Sanchís, J., Olmos, M., Vincent, P., Farre, M. ve Barcelo, D. (2016). New insights on the influence of organic co-contaminants on the aquatic toxicology of carbon nanomaterials. *Environmental science & technology*, 50(2), 961-969. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03966>
- Sandborgh-Englund, G., Adolfsson-Erici, M., Odham, G. ve Ekstrand, J. (2006). Pharmacokinetics of triclosan following oral ingestion in humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 69(20), 1861-1873. <https://doi.org/10.1080/15287390600631706>
- Santos, D., Luzio, A. ve Coimbra, A. M. (2017). Zebrafish sex differentiation and gonad development: a review on the impact of environmental factors. *Aquatic toxicology*, 191, 141-163. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.08.005>
- Shi, Y., Liu, X., Zhang, J. ve Shao, B. (2013). Analysis of triclosan and triclocarban in human nails using isotopic dilution liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 934, 97-101. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2013.07.003>
- Singer, H., Müller, S., Tixier, C. ve Pillonel, L. (2002). Triclosan: occurrence and fate of a widely used biocide in the aquatic environment: field measurements in wastewater treatment plants, surface

- waters, and lake sediments. *Environmental science & technology*, 36(23), 4998-5004. <https://doi.org/10.1021/es025750i>
- Skaare, A., Eide, G., Herlofson, B. ve Barkvoll, P. (1996). The effect of toothpaste containing triclosan on oral mucosal desquamation: A model study. *Journal of clinical periodontology*, 23(12), 1100-1103. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1996.tb01810.x>
- Skarha, J., Mínguez-Alarcón, L., Williams, P. L., Korevaar, T. I., de Poortere, R. A., Broeren, M. A., ... ve Braun, J. M. (2019). Cross-sectional associations between urinary triclosan and serum thyroid function biomarker concentrations in women. *Environment international*, 122, 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.015>
- Spanier, A. J., Fausnight, T., Camacho, T. F. ve Braun, J. M. (2014, November). The associations of triclosan and paraben exposure with allergen sensitization and wheeze in children. In *Allergy and asthma proceedings* (Vol. 35, No. 6, p. 475). OceanSide Publications. <https://doi.org/10.2500/aap.2014.35.3803>
- Stasinakis, A. S., Mamais, D., Thomaidis, N. S., Danika, E., Gatidou, G. ve Lekkas, T. D. (2008). Inhibitory effect of triclosan and nonylphenol on respiration rates and ammonia removal in activated sludge systems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70(2), 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.12.011>
- Stasinakis, A. S., Petalas, A. V., Mamais, D., Thomaidis, N. S., Gatidou, G. ve Lekkas, T. D. (2007). Investigation of triclosan fate and toxicity in continuous-flow activated sludge systems. *Chemosphere*, 68(2), 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.01.047>
- Stenzel, A., Wirt, H., Patten, A., Theodore, B. ve King-Heiden, T. (2019). Larval exposure to environmentally relevant concentrations of triclosan impairs metamorphosis and reproductive fitness in zebrafish. *Reproductive Toxicology*, 87, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2019.05.055>
- Stewart A.J. ve Stewart R.F. (2008). Phenols. In *Reference module in earth systems and environmental sciences from encyclopedia of ecology* (pp. 2682–2689). <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00417-1>
- Sun, P., Meng, T., Wang, Z., Zhang, R., Yao, H., Yang, Y. ve Zhao, L. (2019). Degradation of organic micropollutants in UV/NH₂Cl advanced oxidation process. *Environmental Science & Technology*, 53(15), 9024-9033. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00749>
- Tabari, S. A., Esfahani, M. L., Hosseini, S. M. ve Rahimi, A. (2019). Neurobehavioral toxicity of triclosan in mice. *Food and Chemical Toxicology*, 130, 154-160. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.05.025>
- Taştan, B. E. ve Dönmez, G. (2015). Biodegradation of pesticide triclosan by *A. versicolor* in simulated wastewater and semi-synthetic media. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 118, 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.002>
- Tastan, B.E., Ozdemir, C. ve Tekinay, T. (2016). Effects of different culture media on biodegradation of triclosan by *Rhodotorula mucilaginosa* and *Penicillium* sp. *Water Sci Technol*, 74(2), 473–481. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.221>
- Taştan, B. E., Tekinay, T., Celik, H. S., Özdemir, C. ve Cakir, D. N. (2017). Toxicity assessment of pesticide triclosan by aquatic organisms and degradation studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 91, 208-215. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.10.030>
- Tatarazako, N., Ishibashi, H., Teshima, K., Kishi, K. ve Arizono, K. (2004). Effects of triclosan on various aquatic organisms. *Environmental sciences: An international journal of environmental physiology and toxicology*, 11(2), 133-140. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15746894/>

- Toms, L. M. L., Allmyr, M., Mueller, J. F., Adolfsson-Erici, M., McLachlan, M., Murby, J. ve Harden, F. A. (2011). Triclosan in individual human milk samples from Australia. *Chemosphere*, 85(11), 1682-1686. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.08.009>
- Topaloğlu A.K. ve Kahraman B.F. (2023). Textile dye removal in wastewater by peroxymonosulfate (PMS) activation on a zero-valent iron nanoparticle-modified ultrafiltration catalytic membrane (nZVI@PES). *Environ Sci Pollut Res*, 30, 94779–94789. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29100-9>
- Üstün-Odabaşı, S., Maryam, B., Özdemir, N. ve Büyükgüngör, H. (2020). Occurrence and seasonal variations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and wastewater treatment plants in Samsun, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 79(12), 311. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09047-7>
- Villalaín, J., Mateo, C. R., Aranda, F. J., Shapiro, S. ve Micol, V. (2001). Membranotropic effects of the antibacterial agent triclosan. *Archives of biochemistry and biophysics*, 390(1), 128-136. <https://doi.org/10.1006/abbi.2001.2356>
- Waller, N. J. ve Kookana, R. S. (2009). Effect of triclosan on microbial activity in Australian soils. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 28(1), 65-70. <https://doi.org/10.1897/08-224.1>
- Wang, X., Chen, X., Feng, X., Chang, F., Chen, M., Xia, Y. ve Chen, L. (2015). Triclosan causes spontaneous abortion accompanied by decline of estrogen sulfotransferase activity in humans and mice. *Sci Rep*, 2015(5), 18252. <https://doi.org/10.1038/srep18252>
- Wang, C. F. ve Tian, Y. (2015). Reproductive endocrine-disrupting effects of triclosan: Population exposure, present evidence and potential mechanisms. *Environmental pollution*, 206, 195-201. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.07.001>
- Wang, F., Lu, X., Peng, W., Deng, Y., Zhang, T., Hu, Y. ve Li, X. Y. (2017). Sorption behavior of bisphenol A and triclosan by graphene: comparison with activated carbon. *ACS omega*, 2(9), 5378-5384. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b00616>
- Wang, Q. ve Kelly, B. C. (2017). Occurrence, distribution and bioaccumulation behaviour of hydrophobic organic contaminants in a large-scale constructed wetland in Singapore. *Chemosphere*, 183, 257-265. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.113>
- Wang, S., Poon, K. ve Cai, Z. (2018). Removal and metabolism of triclosan by three different microalgal species in aquatic environment. *Journal of hazardous materials*, 342, 643-650. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.09.004>
- Wang, S., Wang, X., Poon, K., Wang, Y., Li, S., Liu, H., ... ve Cai, Z. (2013). Removal and reductive dechlorination of triclosan by *Chlorella pyrenoidosa*. *Chemosphere*, 92(11), 1498-1505. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.03.067>
- Wang, S., Yin, Y. ve Wang, J. (2017). Enhanced bio degradation of triclosan by means of gamma irradiation. *Chemosphere*, 167, 406-414. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.028>
- Wang, Y. ve Liang, W. (2021). Occurrence, toxicity, and removal methods of triclosan: A timely review. *Current Pollution Reports*, 7, 31-39. <https://doi.org/10.1007/s40726-021-00173-9>
- Weatherly, L. M. ve Gosse, J. A. (2017). Triclosan exposure, transformation, and human health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 20(8), 447-469. <https://doi.org/10.1080/10937404.2017.1399306>
- Wu, J. L., Lam, N. P., Martens, D., Kettrup, A. ve Cai, Z. (2007). Triclosan determination in water related to wastewater treatment. *Talanta*, 72(5), 1650-1654. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.03.024>

- Wu, J. L., Leung, K. F., Tong, S. F. ve Lam, C. W. (2012). Organochlorine isotopic pattern-enhanced detection and quantification of triclosan and its metabolites in human serum by ultra-high-performance liquid chromatography/quadrupole time-of-flight/mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 26(2), 123-132. <https://doi.org/10.1002/rcm.5303>
- Xu, J., Wu, L. ve Chang, A. C. (2009). Degradation and adsorption of selected pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in agricultural soils. *Chemosphere*, 77, 1299–1305. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.09.063>
- Xu, R., Si, Y., Wu, X., Li, F. ve Zhang, B. (2014). Triclosan removal by laccase immobilized on mesoporous nanofibers: strong adsorption and efficient degradation. *Chemical Engineering Journal*, 255, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.06.060>
- Yang, J., Zhang, L., Qiao, W. ve Luo, Y. (2023). Mycobacterium tuberculosis: Pathogenesis and therapeutic targets. *MedComm*, 4(5), e353. <https://doi.org/10.1002/mco2.353>
- Yin, J., Wei, L., Shi, Y., Zhang, J., Wu, Q. ve Shao, B. (2016). Chinese population exposure to triclosan and triclocarban as measured via human urine and nails. *Environ Geochem Health*, 38(5), 1125–1135. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9777-x>
- Ying, G. G. ve Kookana, R. S. (2007). Triclosan in wastewaters and biosolids from Australian wastewater treatment plants. *Environment international*, 33(2), 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.09.008>
- Ying, G. G., Yu, X. Y. ve Kookana, R. S. (2007). Biological degradation of triclocarban and triclosan in a soil under aerobic and anaerobic conditions and comparison with environmental fate modelling. *Environmental Pollution*, 150(3), 300-305. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.02.013>
- Yueh, M. F., Taniguchi, K., Chen, S., Evans, R. M., Hammock, B. D., Karin, M. ve Tukey, R. H. (2014). The commonly used antimicrobial additive triclosan is a liver tumor promoter. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(48), 17200-17205. <https://doi.org/10.1073/pnas.1419119111>
- Zhang, C., Jia, L., Wang, S., Qu, J., Li, K., Xu, L., ... ve Yan, Y. (2010). Biodegradation of beta-cypermethrin by two *Serratia* spp. with different cell surface hydrophobicity. *Bioresource technology*, 101(10), 3423-3429. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.11.037>
- Zhang, X., Song, K., Liu, J., Zhang, Z., Wang, C. ve Li, H. (2019). Sorption of triclosan by carbon nanotubes in dispersion: The importance of dispersing properties using different surfactants. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 562, 280-288. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.11.037>
- Zhang, Z., Li, J., Luan, C., Wang, H., Cheng, X., Fang, L., ... ve Xu, J. (2020). Preparation and characterization of palladium/polypyrrole-reduced graphene oxide/foamed nickel composite electrode and its electrochemical dechlorination of triclosan. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(2), 3963-3973. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2019.04.006>
- Zhao, F., Rezenom, Y. H., Russell, D. H. ve Chu, K. H. (2012). Biodegradation of triclosan by a wastewater microorganism. *Water Research*, 46(13), 4226-4234. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.05.025>
- Zhu, Z. L., Wang, S. C., Zhao, F. F., Wang, S. G., Liu, F. F. ve Liu, G. Z. (2019). Joint toxicity of microplastics with triclosan to marine microalgae *Skeletonema costatum*. *Environmental pollution*, 246, 509-517. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.044>