

**Soğuk Zincir Lojistiğinde Yeni Nesil Teknolojilerin Kullanımı**

## Use of New Generation Technologies in Cold Chain Logistics

Aslıhan TURGUT<sup>1</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 29.11.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 25.05.2023

Yayın Tarihi (Published): 31.07.2023

**Öz:** Soğuk zincir lojistiği; soğutulmuş veya dondurulmuş gıdaların üretimden başlayarak tüketim aşamasına kadar, kalitelerini korumak için özel ekipmanlarla taşınma ve depolanma faaliyetidir. İyileşen yaşam standartları ile birlikte, gıda taleplerinin çeşitlenmesi ve endüstri 4.0'ın gelişimi, soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknolojilerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu çalışmada, soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknoloji kullanımının ana hatları ile kapsamlı bir şekilde tartışılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, nesnelerin interneti (IoT), blokzincir, büyük veri, yapay zekâ ve dijital ikiz teknolojilerinin soğuk zincir lojistiğine önemli katkılar sağladığı ortaya konmuştur. Bununla birlikte, soğuk zincir lojistiğinde blokzincir ve dijital ikiz teknolojileri kullanımının, diğer teknolojilere nazaran daha sınırlı olduğu bulunmuştur. İlerleyen süreçte, belirtilen teknolojilerin soğuk zincir lojistiğinde daha sık kullanılacağı öngörülmektedir. Çalışmanın bir diğer sonucuna göre, Türkiye'de soğuk zincir lojistiğinin gelişimi için, mevcut teknolojilerin kademeli olarak yeni nesil teknolojilere dönüştürülmesi gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Soğuk Zincir Lojistiği, Lojistik, Yeni Nesil Teknolojiler

&amp;

**Abstract:** Cold chain logistics is the activity of transporting and storing chilled or frozen foods with special equipment to maintain their quality from production to consumption. Along with improving living standards, the diversification of food demands and the development of industry 4.0 have made it necessary to use new-generation technologies in cold chain logistics. This study, it is aimed to comprehensively discuss the use of new-generation technology in cold chain logistics with the main lines. As a result of the study, it has been revealed that the internet of things (IoT), blockchain, big data, artificial intelligence, and digital twin technologies make significant contributions to cold chain logistics. However, it has been found that the use of blockchain and digital twin technologies in cold chain logistics is more limited than other technologies. It is foreseen that these technologies will be used frequently in cold chain logistics in the future. According to another result of the study, for the development of cold chain logistics in Turkey, existing technologies should be gradually transformed into new-generation technologies.

**Key words:** Cold Chain Logistics, Logistics, New-Generation Technologies

**Atf/Cite as:** Turgut, A. (2023). Soğuk Zincir Lojistiğinde Yeni Nesil Teknolojilerin Kullanımı. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(2), 772-782. doi: 10.11616/asbi.1211537

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/asbi/policy>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2000 – Bolu

<sup>1</sup> Arş. Gör. Dr., Aslıhan Turgut, Selçuk Üniversitesi, [aslihan.turgut@selcuk.edu.tr](mailto:aslihan.turgut@selcuk.edu.tr).

## 1. Giriş

Artan dünya nüfusunun taleplerini karşılamak için, 2050 yılına kadar, küresel gıda üretiminin %60 oranında artırılması gerekirken, günümüzde üretilen toplam gıdanın üçte birinden fazlası israf edilmektedir (<https://www.fao.org/nr/sustainability/food-loss-and-waste/en/>, 2022). Gıda israfının büyük bir bölümü, gelişmiş ülkelerde perakende ve tüketim aşamalarında, gelişmekte olan ülkelerde ise depolama ve nakliye aşamalarında görülmektedir (Gustavsson vd., 2011: 13-22). 2009 yılında küresel gıda kaybının %20'sinde yanlış soğutmanın birincil faktör olduğunun belirlenmesi (Qian vd., 2022: 1) soğuk zincir ve soğuk zincir lojistiğinin önemini açıkça ortaya koymuştur.

Soğuk zincir, bir tedarik zinciri içindeki tüm faaliyetlerin optimal bir sıcaklık ve nem düzeyinde tutulmasını ifade etmektedir (Bamakan vd., 2021: 3). Soğuk zincir lojistiği, taze gıda ve bozulabilir ürünlerin raf ömrünü uzatmak ve sürdürmek için düşük ve kontrollü bir sıcaklık aralığında kesintisiz taşıma ve depolama faaliyetlerini içermektedir (Ali vd., 2018: 923).

Küresel soğuk zincir lojistik pazarının 2020'de 221,85 milyar dolar olan toplam değerinin 2028 yılında 647,47 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (<https://www.fortunebusinessinsights.com/cold-chain-logistics-market-106305>, 2022). Beklenen bu değer artışında, soğutulmuş ve dondurulmuş ürünlere yönelik artan küresel talep (Powell-Palm ve Rubinsky, 2019: 10) soğuk zincir altyapısındaki yenilikler (Han vd., 2021 :5-23), hükümet destekleri (Kohli, 2019: 12-14) ve yeni nesil teknolojilerin oldukça büyük bir payı bulunmaktadır.

Nesnelerin interneti (IoT), blokzincir, büyük veri, yapay zekâ, dijital ikiz, bulut bilişim, nanoteknoloji, robotik kollar, 5G ve dronlar soğuk zincir lojistiğinde kullanılan yeni nesil teknolojilerdendir (Talay, 2020: 1171- 1175; Ren vd., 2022: 134; He ve Yin, 2021: 1-4). Bu teknolojilerin ilk amacı, nem ve sıcaklık kontrolü ile gıda israfını önlemek ve gıda güvenliğini artırmaktır (Badia-melis vd., 2018:172-174). Yeni nesil teknolojilerin soğuk zincir lojistiğinde kullanılmasıyla; hizmet kalitesi iyileştirilebilir, ürünlerin tazeliği korunarak müşteri talepleri en doğru şekilde karşılanabilir, maliyet ve zaman tasarrufu sağlanabilir.

Literatür incelendiğinde, soğuk zincir lojistiği çalışmaları; soğuk zincirde işlemler, politika-mevzuat, yönetim ve teknoloji olmak üzere dört ana başlıkta toplanabilir (Wang ve Yip, 2018: 218). Soğuk zincir lojistiği üzerine yapılan son çalışmalarda ise, bilim insanlarının daha çok teknoloji alanına yoğunlaştığı görülmüştür (Zhang vd., 2017: 1801). Bu çalışmaların çoğunda, tek bir üründe kullanılan tek bir teknolojiye odaklanılmıştır. Bu nedenle, soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknolojilerin kullanımı, genel bir bakış açısından yoksundur. Bu boşluğa katkı sunmak için çalışmada, soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknoloji kullanımının ana hatları ile kapsamlı bir şekilde tartışılması amaçlanmıştır. Çalışma bu hali ile gelecek araştırmalara rehberlik edebilecektir.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir: bölüm 2'de soğuk zincir, soğuk zincir lojistiği ve soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknolojilerin kullanımının incelendiği bir literatür taraması yapılmış, bölüm 3'de tartışma kısmı verilmiştir. Bölüm 4'de sonuçlar kısmında çalışmanın sonuçları verilmiş, makalenin sınırlılıkları açıklanmış ve gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

## 2.Literatür İncelemesi

### 2.1.Soğuk Zincir

Uluslararası soğutma sözlüğüne göre soğuk zincir; çabuk bozulan gıda maddelerinin üretimden tüketim aşamasına kadar soğuk bir ortamda muhafaza edilmesini sağlamak için art arda kullanılan araçların sürekliliğini sembolize eden bir terimdir (Zhao vd., 2018: 2). Soğuk zincir, hassas ürünlerin sıcaklık ve nem kontrolünde tutulduğu tedarik zincirinin bir dalı olarak da tanımlanabilir. Gıda tedarik sisteminde soğuk zincir, gıda güvenliğini sağlama ve gıda kaybını azaltma potansiyeline sahip olduğundan insan refahının iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Hu vd., 2019: 2). Sağladığı bu katkıya karşılık, zayıf bir soğuk zincir, milyarlarca taze gıda ve ilacın israfına neden olmaktadır (Bamakan vd., 2021: 3).

Gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasında soğuk zincir verimliliği açısından ciddi farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların en önemli nedenleri; bozulabilir ürünlerin korunması için uygulanan soğutma düzeyinin yetersiz oluşu, ekipman yetersizliği, yüksek enerji maliyeti, yetersiz farkındalık ve soğutuculu araç sayısındaki uçurumdur. Örneğin; Hindistan yaklaşık 9.000 soğutuculu araca sahipken, Fransa yaklaşık 140.000 soğutuculu araca sahiptir. Gelişmiş ülkelerde kullanılan soğutma seviyesinin gelişmekte olan ülkelerde kullanılmasıyla, tüketilen gıdanın yaklaşık %14'ü (200 milyon tondan fazla gıda) israftan kurtarılabilir (Mercier vd., 2017: 1; Gupta vd., 2019: 1192).

Bu çalışmada soğuk zincir ürünleri; taze tarım ürünleri ve kolay bozulabilen ürünler, dondurulmuş-ışlenmiş ürünler, biyofarmasötik ürünler, çiçekler ve süs bitkileri olmak üzere dört kategoriye ayrılmıştır.

- Taze tarım ürünleri ve kolay bozulabilen ürünler: Bu kategoride çiğ sebze ve meyveler, çiğ süt, süt ürünleri, balık, kümes hayvanları, kırmızı etler ve yemeye hazır sandviçler bulunmaktadır. Bu kategorideki ürünlerin soğuk zincirde israf olması maliyeti artırırken, diğer yandan bozulan malların piyasaya çıkarılması önemli sağlık riskleri taşımaktadır (Bamakan vd., 2021: 3-4). Örneğin, 2008 yılında, Çin'de, sütün melamin kontaminasyonu, altı bebeğin ölümüne neden olmuştur. Bu durum, gıda güvenliği konusunda, ülke kamuoyunda büyük yankı uyandırmıştır. Melamin kontaminasyonu, farklı süt markalarına ve süt içerikli gıdalara yayıldığından, Çin'deki süt ürünleri ithalatı 10'dan fazla ülkede yasaklanmıştır (Wang ve Yip, 2018: 217).

Taze tarım ürünleri ve kolay bozulabilen ürünlerin farklı sıcaklık gereksinimleri vardır. Bu ürünlerin canlı kalması için bu sıcaklık gereksinimlerinin sürdürülmesi gerekmektedir. Örneğin; balık ürünleri -18 °C'de, tereyağı yapımında kullanılacak krema dahil olmak üzere tereyağı ve yemeklik yağlar -14°C'de, tüketici kullanımı için önceden paketlenmiş etler ve pişmiş etler +3°C'de saklanmalıdır (Adekomaya vd., 2016: 1360-1361).

- Dondurulmuş-ışlenmiş ürünler: Gıdaların dondurulması, gıda sıcaklığının donma noktasının altındaki bir sıcaklığa düşürüldüğü ve gıdanın içerdiği suyun önemli bir kısmının buz kristallerine dönüştürüldüğü işlemdir (Demiray ve Tülek, 2010: 37). Donmanın keşfedilmesi ile 1928'de ABD'de modern gıda endüstrisinin resmi olarak temelleri atılmıştır (Steinka vd., 2017: 23). Dondurulmuş ürünlerde önerilen depolama sıcaklığı -18 °C'nin altındadır. Belirtilen sıcaklıkta mikrobiyal büyüme tamamen dururken, donmuş gıdanın hem enzimatik hem de enzimatik olmayan değişiklikleri, raf ömrü boyunca düşük oranlarda devam etmektedir (Cruz vd., 2009: 91).

- Biyofarmasötik ürünler: Tıbbi ilaçlar, aşular, kan ve plazma ürünleri, monoklonal antikorlar, gen ilaçlar ve rekombinant DNA teknolojisi ile üretilmiş protein ve peptid yapıda ilaçlar biyofarmasötik ürünler olarak sınıflandırılmaktadır (Küçüktürkmen ve Bozkır, 2018: 306-307). Biyofarmasötik ürünler canlı organizmalardan oluştuğundan, sıcaklık gereksinimleri son derece hassas ve katıdır. Aşırı sıcak veya soğuğa maruz kalan ürünlerde güç kayıplarının yaşanmaması için ürünlerin tüm süreç boyunca uygun sıcaklıkta saklanması gerekmektedir (Wang ve Yip, 2018: 222).

- Çiçekler ve süs bitkileri: Türlerine göre bu ürünler, kalitelerinin ve vazo ömürlerinin güvende kalması için önceden belirlenmiş bir saklama sıcaklığı ve maksimum saklama süresine ihtiyaç duyarlar (Bamakan vd., 2021: 3-4). Soğuk zincir, bütün pazarlama kanalı boyunca çiçeklerin kalitesini ve ömrünü koruyarak ürün kayıplarını %30-40'lara kadar azaltabilmektedir (Çelikel, 2020: 231).

## 2.2. Soğuk Zincir Lojistiği

Sınırlı raf ömrüne sahip olan hassas ürünlerin üretiminden tüketimine kadar, belirli sıcaklık ve nem seviyesindeki taşınma ve depolama işlemi, soğuk zincir lojistiği olarak adlandırılmaktadır (Demirci, 2020: 55). Soğuk zincir lojistiği kavramı, 1894 yılında İngiliz Ruddich tarafından önerilmiştir (Zheng vd., 2020: 551). Soğuk zincir lojistiği tedarik zincirinin özel bir kategorisidir (Izikki vd., 2021: 3). Tedarik zinciri yaşam döngüsüne giren bozulabilir ürünlerin kalitesi, güvenilirliği ve raf ömrü hızla azalmaya başlar. Bu duruma, hasattan, avlanmadan veya kesimden sonra solunum, buharlaşma ve metabolizma gibi temel hayati işlevlerin hala bağımsız olarak devam etmesi sebep olmaktadır. Ürünlerin besinsel, işlevsel ve duyuşal özelliklerini korumak, kalitesini, güvenilirliğini sağlamak ve tedarik zincirinde gıda kaybını azaltmak için soğuk zincir lojistiği önemli bir araçtır (Chen vd., 2022: 4190). Aynı zamanda, tüketicilerin kaliteli soğutulmuş ve dondurulmuş gıdaya karşı artan talebini karşılamak için de soğuk zincir lojistiği gereklidir

(Wang ve Yip, 2018: 217). Soğuk zincir lojistik sürecinde, gıda sıcaklığının korunamaması veya soğuk zincirin kırılması, hem tedarikçi hem de alıcı açısından büyük risk teşkil etmektedir. Bu tür durumlarda ürünlerin ekonomik değeri düşmekte ve bunun sonucunda, üreticiler için büyük bir mali yük oluşmaktadır (Degirmenci, vd., 2017: 160).

1 Eylül 1970 tarihinde Cenevre’de Birleşmiş Milletler tarafından hazırlanan bozulabilir gıda maddelerinin uluslararası taşımacılığına ve bu taşımalarda kullanılacak özel ekipmanlara ilişkin anlaşma (ATP) 21 Kasım 1976’da yürürlüğe girmiştir ([https://unece.org/DAM/trans/main/wp11/ATP\\_publication/ATP-2016e\\_def-web.pdf](https://unece.org/DAM/trans/main/wp11/ATP_publication/ATP-2016e_def-web.pdf), 2022). Bu anlaşma, bozulabilir gıda ürünlerinin taşınmasında kullanılan her türlü soğutucu araç ve ekipmanlarla ilgili uyulması gereken kuralları belirlemektedir. Türkiye’nin 2012 yılında imzaladığı anlaşma, 2014 yılından beri Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Tehlikeli Mal ve Kombine Taşımacılık Düzenleme Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Günümüzde birçok ülkenin kendi ulusal kanunlarına uyarladığı anlaşmaya göre, taraf ülkeler arası sınır ötesi bozulabilir gıda maddesi taşıması yapılırken ATP sertifikası olmayan araçları kullanmak yasa dışıdır (<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/07/20210702-2.htm>, 2022; Tektaş ve Tanyaş, 2020: 13-14).

Türkiye’de gıda ihracatının artması, işletmelerin soğuk zincire yaptıkları yatırımları artırmıştır. Gıda başta olmak üzere ilaç ve aşı sektöründe soğuk zincir lojistiğinin sıkça kullanılmasına rağmen, Türkiye’nin tam anlamıyla ATP konvansiyonuna uyum sağlayamadığı da görülmektedir. Ülkemizde, yaş sebze ve meyvenin taşınma ve depolanma aşamalarındaki hatalar yüzünden her yıl yaklaşık 20 milyar TL’lik kayıp yaşanmaktadır. Belirtilen kaybın %10’luk kısmı, soğuk zincir lojistiği sürecinde görülmektedir (Eldener, 2019; İpekçi ve Tanyaş, 2021: 55; Tektaş ve Tanyaş, 2020: 14). Küresel soğuk zincir ittifakı tarafından 2018’de yapılan bir çalışmada Türkiye; Meksika, Brezilya ve Çin ile birlikte en fazla soğuk hava deposuna ihtiyaç duyan ülkeler arasında yer almıştır (<https://www.gcca.org/sites/default/files/2018%20GCCA%20Cold%20Storage%20Capacity%20Report%20final.pdf>, 2022). Tektaş ve Tanyaş (2020: 19-20) lojistik faaliyetlerin dijitalleşmesinin gerekliliğini vurgularken, Türk soğuk zincir lojistiğinde teknolojik yatırımlar henüz istenilen seviyelere ulaşamamıştır (İpekçi ve Tanyaş, 2021: 58).

### 2.3. Soğuk Zincir Lojistiğinde Yeni Nesil Teknolojiler

Sanayi devrimi, yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla endüstriyel süreçlerde meydana gelen büyük değişiklikler olarak tanımlanmaktadır (Tsaramirsis vd., 2022: 1). İnsanlık, günümüze kadar dört sanayi devrimine şahit olmuştur. Birinci Sanayi Devrimi, 1760 yılında buhar makinasının keşfiyle başlamıştır. 1900 yılında içten yanmalı motorun piyasaya sürülmesiyle İkinci Sanayi Devrimi gerçekleşmiştir. 1960 yılında elektronik ve otomasyonun gelişmesi Üçüncü Sanayi Devrimini tetiklemiştir (Xu vd., 2018: 90). 21. Yüzyılda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimi, Dördüncü Sanayi Devrimine yol açmıştır. Alman Federal Hükümeti için çalışan bir grup bilim insanı, 2011 yılında Hannover Fuarı’nda ilk kez Dördüncü Sanayi Devrimini teknolojik bir kavram olarak tanıtmıştır. 2016 yılında Davos Dünya Ekonomik Forumu’nda Schwab Klaus tarafından Dördüncü Sanayi Devrimi, tüm dünyaya duyurulmuştur. Yeni nesil teknolojiler olarak da adlandırılan IoT, büyük veri, bulut bilişim, 3D baskı, robotik sistem, artırılmış gerçeklik, yapay zekâ, blokzincir ve dijital ikiz dördüncü sanayi devriminin başlıca teknolojilerindendir (David vd., 2022: 2-4). Bu yeni nesil teknolojilerin hızlı gelişimi, geleneksel soğuk zincir lojistiğini, dijitalleşme ve akıllı sistemlere dönüşüm sürecine sokmuştur (Demir vd., 2021: 776). Özellikle Covid-19 pandemisi, malların kalitesi ve güvenliği için, soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknoloji kullanımının önemini göstermiştir. Bu çalışmada yeni nesil teknolojilerden; (IoT), blokzincir, büyük veri, yapay zekâ ve dijital ikiz ayrı başlıklar halinde incelenmiştir.

#### 2.3.1. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Soğuk Zincir Lojistiği

IoT; bağlantı ve iletişim kurmak için akıllı ara yüzler kullanan, akıllı alanlarda faaliyet gösteren kimlikleri ve sanal kişilikleri olan ağlardır (De Saint-Exupery, 2009: 6). IoT , soğuk zincir lojistiğinin işletilmesi ve denetlenmesi için umut vadeden bir teknoloji olarak görülmektedir. Soğuk zincirin izlenebilirliğini kolaylaştırmak için bu teknolojiye sıklıkla başvurulmaktadır (Shen vd., 2022: 1).

Cil vd., (2022: 23-24) bozulabilir ürünlerin ortam sıcaklığını izleyip analiz edebilen ve kalan raf ömrünü gerçek zamanlı olarak hesaplayabilen IoT tabanlı bir soğuk zincir lojistik sistemi önermiş, bu sistemin büyük bir potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir. Chen vd., (2020: 7-8) soğuk zincir lojistiğinde IoT kullanarak araç rotalama optimizasyonu sağlamış ve bu şekilde, dağıtım hizmetlerinin verimliliğini artırmıştır. Izikki vd., (2021: 10) IoT'nin gerçek zamanlı veriler sunarak, soğuk zincir lojistiğinde doğru karar verme ortamı oluşturulduğunu ifade etmiştir.

### 2.3.2. Blokzincir ve Soğuk Zincir Lojistiği

Blokzincir, tüm işlemleri kronolojik bir sırada kaydeden dijitalleştirilmiş bir muhasebe defteridir (Niranjanamurthy vd., 2019: 14743). Blokzincir kurcalamaya karşı korumalı olup, izlenebilirlik özelliğine sahiptir. Zincirdeki tüm bilgiler açık ve şeffaftır. Her katılımcının defter verileri aynıdır ve bu veriler değiştirilemez. Bu sayede zincirdeki tüm malların teyidi ve izlenebilirliği sağlanmaktadır (Nofer vd., 2017: 183-184).

Blokzincir kullanımı ile soğuk zincir lojistiği süreci boyunca tüm taraflar eşit statüye sahip olmaktadır. Malların taşınması sırasında tüm veriler tamamen blokzincir ağına kaydedilir. Bu sayede, soğuk zincir lojistiğine dâhil olan tüm taraflar arasında güven artırılabilir (Si, 2022: 11).

Shen vd., (2022: 9) liman soğuk zincir lojistiğinin denetiminin kolaylaştırılması için blokzincir teknolojisini önermiş, Zhang vd., (2021: 13-14) donmuş su ürünlerinin soğuk zincir lojistiğinde kullanılmak üzere blokzincir-IoT tabanlı bir izlenebilirlik sistemi tasarlamış, tasarlanan sistemin geleneksel izleme teknolojisine göre güvenlik ve kurcalamaya karşı koruma avantajlarına sahip olduğunu belirtmiştir. Zhang vd., (2022: 12) soğuk zincir lojistiğinde taze tarım ürünlerinin izlenebilirliği için blokzincir sisteminin kullanılmasını önermiş, bu sistemin ağ iletim yükünü azalttığını ve ürün takip verimliliğini artırdığını ifade etmiştir.

Blokzincir, tüm faaliyet alanları için yeni bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Teknolojinin potansiyeli hakkında, mevcut literatürde fikir birliği bulunmamaktadır (Makridakis ve Christodoulou, 2019: 1). Bu nedenle, soğuk zincir lojistiğinde blokzincir kullanımıyla ilgili kesin sonuçlara varabilmek için, daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

### 2.3.3. Büyük Veri ve Soğuk Zincir Lojistiği

Büyük, çeşitli ve karmaşık yapıya sahip veri kümeleri, büyük veri olarak adlandırılmaktadır (Sagiroglu ve Sinanc, 2013: 42-43). Büyük veri teknolojisinin gelişiminin arkasındaki temel itici güç, yığın halindeki verileri tek bir değere dönüştürme düşüncesidir.

Chen (2020: 7-8), soğuk zincir lojistiğinde büyük veri teknolojisini kullanarak, işleme süresi ve maliyetin azaltılabileceğini, işlem verimliliğinin artırılabilirliğini ifade etmiştir. Cil vd., (2022: 23-24) soğuk zincir lojistiğinin etkinleştirilmesinde büyük verinin önemli katkılar sunabileceğini belirtmiştir. Sun vd., (2019: 1) büyük verinin soğuk zincir lojistiğinde kaynak tahsisini optimize edip, yeşil ekonomiye uygun olarak enerji tüketimini azaltılabileceğini ifade etmiştir.

Gao ve Li, (2022: 2) tarım soğuk zincir koordinasyonunun arz ve talep uçları arasındaki bilgi alışverişini etkin bir şekilde sürdürmek ve yönetmek için büyük veri teknolojisinin kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

### 2.3.4. Yapay Zekâ ve Soğuk Zincir Lojistiği

Bir sorunun çözümü için doğru ve verimli bir çözüm yöntemi bulabilen, öğrenen veya keşfeden, insan eliyle üretilmiş sistem, yapay zekâ olarak tanımlanmaktadır (Köroglu, 2017: 2). Soğuk zincir lojistiğinde yapay zekâ, yöneticilerin sorunları hızlı bir şekilde tespit etmesine ve çözmesine yardımcı olmaktadır. Bu sayede soğuk zincir lojistik faaliyetlerinin verimliliği artmaktadır (Xie vd., 2022: 13-15).

Loisel vd., (2021: 397) sıcaklık geçmişine göre, her bir gıda paketinin hangi müşteriye gönderileceğine otomatik olarak karar veren yapay zekâ teknolojisinin kullanılmasının, depoların operasyonel yönetimine katkı sunacağını, Badia-Melis vd., (2018: 179) soğuk zincir lojistiğinde kullanılan teknolojilere ek olarak

sinir ağlarının kullanılmasının, maliyetleri düşürüp ürün güvenliğini artırabileceğini belirtmiştir. He ve Yin, (2021: 8) sinir ağı algoritma modeli kullanarak, soğuk zincir lojistik talebini küçük hatalarla gerçek değere çok yakın olarak tahmin etmiş, Han vd., (2019: 25) taze ürünlerin kalitesini ve kalan raf ömrünü dinamik ve tahribatsız bir şekilde hesaplamak için yeni bir sinir ağı modeli tasarlamıştır.

### 2.3.5. Dijital İkiz ve Soğuk Zincir Lojistiği

Dijital ikiz, fiziksel bir nesnenin veya sistemin dinamik yazılım modelidir. Diğer bir deyişle, gerçek fiziksel sistemlerin dijital kopyalarıdır (Erturan ve Ergin, 2018: 815- 818). Soğuk zincir lojistiğinde dijital ikiz, sanal ortamda gerçek ürünü temsil etmektedir ve fiziksel olarak aynı şekilde tepki vermektedir. Dijital ikiz, soğuk zincir lojistiğinde sıcaklık dalgalanmalarının, kütle kaybının ve kalan raf ömrünün net olarak ölçülmemesi gibi sorunların üstesinden gelebilecek bir teknolojidir (Shoji vd., 2022: 2).

Defraeye (2021: 250) tedarik zinciri boyunca aşırı kalite kaybını önlemek ve soğutma sürecinde atmosferik koşulları en iyi şekilde tahmin etmek için dijital ikizi ideal bir araç olarak kullanmıştır. Dijital ikizin lojistik sektörüne sunduğu büyük potansiyele rağmen, bu teknolojinin soğuk zincir lojistiğinde kullanımı son yıllarda artmıştır. Özellikle, IoT'nin gelişimi, dijital ikiz teknolojisini daha kullanışlı hale getirmiştir (Boje vd., 2020: 1). Jeschke ve Grassmann, (2021: 2) dijital ikiz teknolojisinin karmaşık bir yapıya sahip olduğunu, bu nedenle lojistik sektöründe kullanımında, zaman zaman güçlükler yaşandığını belirtmiştir.

## 3. Tartışma

Bu çalışmada, soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknoloji kullanımının ana hatlarıyla kapsamlı bir şekilde tartışılması amaçlanmıştır. IoT, blokzincir, büyük veri, yapay zekâ ve dijital ikiz teknolojilerinin her birinin soğuk zincir lojistiğine önemli katkılar sağladığı görülmüştür. Yeni nesil teknolojiler sayesinde, soğuk zincir lojistiğinin verimliliğinin artırılacağı ve gıda israfının azaltılabileceği bulunmuştur. Dünya için genel bir değerlendirme yapıldığında; IoT, büyük veri ve yapay zekâyâ göre blokzincir ve dijital ikiz teknolojilerinin, soğuk zincir lojistiğinde kullanımının sınırlı olduğu görülmektedir. Bu duruma, belirtilen teknolojilerin karmaşıklığının yüksek olması ve soğuk zincir lojistiğinde kullanımlarının henüz başlangıç aşamasında olması sebep olmaktadır. İlerleyen süreçte blokzincir ve dijital ikiz teknolojilerinin yaygın olarak kullanımı, kaçınılmaz olacaktır.

Yeni nesil teknolojilerin soğuk zincir lojistiğine sağlanabileceği faydalar şunlardır:

1. Yeni nesil teknolojiler sayesinde, soğuk zincir lojistiğinde daha az insan kaynağına ihtiyaç duyulacak ve insan kaynaklı hata oranı minimuma indirilebilecektir.
2. Soğuk zincirdeki ürünler eş zamanlı olarak tüm paydaşlar tarafından izlenebilecektir.
3. Zincirde, arz ve talep tarafları arasındaki bilgi alışverişi etkin bir şekilde yürütülürken, ürünlerin raf ömrü uzatılıp, nakliye süresi kısaltılabilecektir.
4. Soğuk zincir lojistiğinde en kısa rota hesaplanıp, yakıt tasarrufu sağlanabilecektir.
5. Pandemi gibi olağan üstü durumlarda yeni nesil teknolojiler kullanılarak, soğuk zincir lojistiğinin esnekliği, çevikliği ve rekabet gücü artırılabilir.
6. Dünyadaki tüm gıdaların % 40'ı soğutmaya ihtiyaç duyarken, taşımacılık soğutmasında dünyadaki fosil yakıtların %15'i kullanılmaktadır (Meneghetti ve Monti, 2015: 6567; Adekomaya vd., 2016: 1359). Soğutma işlemi yüzünden kullanılan fosil yakıt tüketimi yeni nesil teknolojilerin kullanımıyla azaltılabilir. Bu sayede, daha sürdürülebilir bir soğuk zincir lojistiği elde edilirken, soğuk zincir lojistiğinin karbon ayak izi küçültülebilecektir.

## 4. Sonuç

Dünya nüfusunun artması, değişen yaşam beklentileri, tüketicilerin yüksek kaliteli, çeşitlendirilmiş ve kişiselleştirilmiş gıda talebi soğuk zincir lojistiğine olan ilgiyi artırmıştır. Bu doğrultuda firmaların yeni nesil teknolojilere yönelimi artmaktadır. Nitekim, literatürde soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknolojilerin kullanımı sıklıkla tartışılmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların da gösterdiği gibi,

geleneksel soğuk zincir lojistiğini, akıllı ve sürdürülebilir soğuk zincir lojistiğine dönüştürmede yeni nesil teknolojiler önemli birer araçtır.

Bu çalışmanın sonuçları, soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknolojilerin kullanımının esneklik, verimlilik ve performansı artırabileceği, maliyet tasarrufu sağlayabileceği sonucuna varan önceki bilimsel çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Masudin vd., 2021: 352; Wu vd., 2023: 10-11; Badia-Melis vd., 2018: 179-180 ).

Türkiye’de soğuk zincir lojistiğinin geliştirilmesi için, mevcut teknolojilerin kademeli olarak yeni nesil teknolojilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Kısa vadede, ülkemizde soğuk zincir lojistiğinin yeni nesil teknolojilerin tümünü benimseyerek dijitalleşmesi mümkün görünmemektedir. Bu doğrultuda, teknoloji ve insan kaynağının birlikte kullanıldığı hibrit çözümler kısa vadede fayda sağlayabilecektir. Ülke içinde yeni nesil teknolojilerin farkındalığının artırılması ve kullanımının yaygınlaştırılması için, kamu-özel sektör işbirliğiyle projeler geliştirilmelidir. Bununla birlikte, teknoloji kurulum desteği ve eğitim için verilecek teşvikler, ülkemizdeki soğuk zincir lojistiğinde, yeni nesil teknolojilerin benimsenmesi için önemlidir.

Bu çalışmada, soğuk zincir lojistiğinde kullanılan yeni nesil teknolojiler, beş farklı teknoloji ile sınırlandırılmıştır. Gelecek çalışmalarda, daha fazla yeni nesil teknolojinin soğuk zincir lojistiğine etkileri tartışılabilir. Çalışma sonuçları, soğuk zincir lojistiğinde yeni nesil teknolojilerin kullanımıyla ilgili daha fazla ampirik araştırmaya ve analitik modellemeye ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Gelecek çalışmalarda, nicel veriler kullanılarak yeni nesil teknolojilerin faydaları doğrulanabilir.

#### Finansman/ Grant Support

Yazar(lar) bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The author(s) declared that this study has received no financial support.

#### Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest

Yazar(lar) çıkar çatışması bildirmemiştir.

The authors have no conflict of interest to declare.

#### Açık Erişim Lisansı/ Open Access License

Bu makale, Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY NC) ile lisanslanmıştır.

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY NC).

## Kaynaklar

- Adekomaya, O., Jamiru, T., Sadiku, R. ve Huan, Z. (2016), Sustaining The Shelf Life of Fresh Food in Cold Chain–A Burden on The Environment, *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), s.1359-1365.
- Ali, I., Nagalingam, S. ve Gurd, B. (2018), A Resilience Model for Cold Chain Logistics of Perishable Products, *The International Journal of Logistics Management*, 29(3), s.922-941.
- Badia-Melis, R., Mc Carthy, U., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J. ve Villalba, J. R. (2018), New Trends in Cold Chain Monitoring Applications-A Review, *Food Control*, 86, s.170-182.
- Bamakan, S. M. H., Moghaddam, S. G. ve Manshadi, S. D. (2021), Blockchain-Enabled Pharmaceutical Cold Chain: Applications, Key Challenges, and Future Trends, *Journal of Cleaner Production*, 302, s.127021.
- Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S. ve Rezgui, Y. (2020). Towards A Semantic Construction Digital Twin: Directions for Future Research. *Automation in Construction*, 114, s.103179.
- Chen, J., Xu, S., Chen, H., Zhao, C. ve Xue, K. (2020), *Research on Optimization of Food Cold Chain Logistics Distribution Route Based on Internet of Things*, In *Journal of Physics: Conference Series*, 1544(1), s. 012086, IOP Publishing.
- Chen, Q., Qian, J., Yang, H. ve Wu, W. (2022), Sustainable Food Cold Chain Logistics: from Microenvironmental Monitoring to Global Impact, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(5), s.4189-4209.

- Chen, Y. H. (2020), Intelligent Algorithms for Cold Chain Logistics Distribution Optimization Based on Big Data Cloud Computing Analysis. *Journal of Cloud Computing*, 9(1), s.1-12.
- Cil, A. Y., Abdurahman, D. ve Cil, I. (2022), Internet of Things Enabled Real Time Cold Chain Monitoring in A Container Port. *Journal of Shipping and Trade*, 7(1), s.1-26.
- Cruz, R. M., Vieira, M. C. ve Silva, C. L. (2009), Effect of Cold Chain Temperature Abuses on The Quality of Frozen Watercress (*Nasturtium Officinale* R. Br.), *Journal of Food Engineering*, 94(1), s.90-97.
- Çelikel FG. (2020), Postharvest Quality and Technology of Cut Flowers and Ornamental Plants, *BSJ Agri*, 3(3), s.225-232.
- David, L. O., Nwulu, N. I., Aigbavboa, C. O., & Adepoju, O. O. (2022), Integrating Fourth Industrial Revolution (4IR) Technologies into The Water, Energy & Food Nexus for Sustainable Security: A Bibliometric Analysis, *Journal of Cleaner Production*, 363, 132522.
- De Saint-Exupery, A. (2009), Internet of Things, Strategic Research Roadmap, s.1-50.
- Defraeye, T., Shrivastava, C., Berry, T., Verboven, P., Onwude, D., Schudel, S. ve Rossi, R. M. (2021), Digital Twins Are Coming: Will We Need Them in Supply Chains of Fresh Horticultural Produce?, *Trends in Food Science & Technology*, 109, s.245-258.
- Degirmenci, İ. T., Karayun, I. ve Akyildirim, O. O. (2017), Cold Chain Logistics for Frozen Food At Tourism Destinations, *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(2), s.159-167.
- Demir, S., Aktas, E. ve Paksoy, T. (2021), *Cold Chain Logistics: The Case of Turkish Airlines Vaccine Distribution. In Adapting to The Future: How Digitalization Shapes Sustainable Logistics and Resilient Supply Chain Management*, Proceedings of The Hamburg International Conference of Logistics (HICL), 31, s. 771-798, Berlin: epubli GmbH.
- Demiray, E. ve Tülek, Y. (2010), Donmuş Muhafaza Sırasında Meyve ve Sebzelerde Oluşan Kalite Değişimleri, *Akademik Gıda*, 8(2), s.36-44.
- Demirci, S.B. (2020), Soğuk Zincir Lojistiğinde Tedarik Zincirinin Önemi ve Yaş Sebze-Meyve Örneği: Bir Literatür Taraması, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(1), s.52-62.
- Eldener, E.(2019), *Gıda ve Soğuk Zincir Lojistiği İçin Eğitime Yatırım Şart*, <https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/25410/gida-ve-soguk-zincir-lojistiği-icin-egitime-yatirim-sart>, (Erişim Tarihi: 10.11.2022).
- Erturan, İ. ve Ergin, E. (2018), Dijital Denetim ve Dijital İkiz Yöntemi. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4), s.810-830.
- Gao, Z. ve Li, D. (2022), Blockchain-Based Neural Network Model for Agricultural Product Cold Chain Coordination, *Computational Intelligence and Neuroscience*, s.1-12.
- Gupta, V. K., Chaudhuri, A. ve Tiwari, M. K. (2019), Modeling for Deployment of Digital Technologies in The Cold Chain, *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), s.1192-1197.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R. ve Meybeck, A. (2011), *Global food losses and food waste*, Save Food Congress, The Swedish Institute for Food and Biotechnology.
- Han, J. W., Li, Q. X., Wu, H. R., Zhu, H. J. ve Song, Y. L. (2019), Prediction of Cooling Efficiency of Forced-Air Precooling Systems Based on Optimized Differential Evolution and Improved BP Neural Network, *Applied Soft Computing*, 84, s.105733.
- Han, J. W., Zuo, M., Zhu, W. Y., Zuo, J. H., Lü, E. L. ve Yang, X. T. (2021), A Comprehensive Review of Cold Chain Logistics for Fresh Agricultural Products: Current Status, Challenges, and Future Trends, *Trends in Food Science & Technology*, 109, s.1-47.



- He, B. ve Yin, L. (2021), Prediction Modelling of Cold Chain Logistics Demand Based on Data Mining Algorithm, *Mathematical Problems in Engineering*, s.1-9.
- [https://unece.org/DAM/trans/main/wp11/ATP\\_publication/ATP-2016e\\_def-web.pdf](https://unece.org/DAM/trans/main/wp11/ATP_publication/ATP-2016e_def-web.pdf), (Erişim Tarihi: 01.11.2022).
- <https://www.fao.org/nr/sustainability/food-loss-and-waste/en/>, (Erişim Tarihi: 05.10.2022).
- <https://www.fortunebusinessinsights.com/cold-chain-logistics-market-106305>, (Erişim Tarihi: 16.10.2022).
- <https://www.gcca.org/sites/default/files/2018%20GCCA%20Cold%20Storage%20Capacity%20Report%20final.pdf>, (Erişim Tarihi: 13.10.2022).
- <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/07/20210702-2.htm>, (Erişim Tarihi: 03.11.2022).
- Hu, G., Mu, X., Xu, M. ve Miller, S. A. (2019), Potentials of GHG Emission Reductions From Cold Chain Systems: Case Studies of China and The United States, *Journal of Cleaner Production*, 239, s.118053.
- Izikki, K., El Alami, J., & Hlyal, M. (2021), *The use of the internet of things in the cold chain logistics for a better vaccine transportation: A state of the art*, In 4th International Conference on Innovative Research in Science Engineering and Technology, Milan , s.2-13.
- İpekçi, E. ve Tanyaş, M. (2021), Soğuk Zincir Lojistiği Uygulamaları ve Türkiye’de Soğuk Zincir Lojistiğinin Swot Analizi, *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (26), s. 46-64.
- Jeschke, S. ve Grassmann, R. (2021), Development of a Generic Implementation Strategy of Digital Twins in Logistics Systems under Consideration of the German Rail Transport, *Applied Sciences*, 11(21), 10289.
- Kohli, P. (2019), Public-Private Knowledge Partnership–Redefining The Cold-Chain, *Agriculture for Development*, 36, s.11-15.
- Köroğlu, Y. (2017). Yapay Zekâ’nın Teorik ve Pratik Sınırları. *Bogaziçi Üniversitesi Yayınevi*, s.1-10.
- Küçüktürkmen, B. ve Bozkır, A. (2018), Özel Saklama Koşulu Gerektiren veya Soğuk Zincire Tabi İlaçlar ve Uygulamalar Açısından Değerlendirmeler, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 75(3), s.305-322.
- Loisel, J., Duret, S., Cornuéjols, A., Cagnon, D., Tardet, M., Derens-Bertheau, E. ve Laguerre, O. (2021), Cold Chain Break Detection and Analysis: Can Machine Learning Help?, *Trends in Food Science & Technology*, 112, s. 391-399.
- Makridakis, S. ve Christodoulou, K. (2019), Blockchain: Current challenges and future prospects/applications. *Future Internet*, 11(12), s.1-16.
- Masudin, I., Ramadhani, A., Restuputri, D. P., & Amallynda, I. (2021). The effect of traceability system and managerial initiative on Indonesian food cold chain performance: A Covid-19 pandemic perspective. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 22(4), 331-356.
- Meneghetti, A. ve Monti, L. (2015), Greening The Food Supply Chain: An Optimisation Model for Sustainable Design of Refrigerated Automated Warehouses, *International Journal of Production Research*, 53(21), s.6567-6587.
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M. ve Uysal, I. (2017), Time–Temperature Management Along The Food Cold Chain: A Review of Recent Developments, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4), s.1-21.
- Niranjanamurthy, M., Nithya, B. N., & Jagannatha, S. J. C. C. (2019), Analysis of Blockchain technology: pros, cons and SWOT, *Cluster Computing*, 22(6), s.14743-14757.
- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O. ve Schiereck, D. (2017), Blockchain, *Business & Information Systems Engineering*, 59(3), s.183-187.

- Powell-Palm, M. J. ve Rubinsky, B. (2019), A Shift from The Isobaric to The Isochoric Thermodynamic State Can Reduce Energy Consumption and Augment Temperature Stability In Frozen Food Storage, *Journal of Food Engineering*, 251, s.1-10.
- Qian, J., Yu, Q., Jiang, L., Yang, H. ve Wu, W. (2022), Food Cold Chain Management Improvement: A Conjoint Analysis on COVID-19 and Food Cold Chain Systems, *Food Control*, 137, s.108940.
- Ren, Q. S., Fang, K., Yang, X. T. ve Han, J. W. (2022), Ensuring The Quality of Meat in Cold Chain Logistics: A Comprehensive Review, *Trends in Food Science & Technology*, 119, s.133-151.
- Sagiroglu, S. ve Sinanc, D. (2013), *Big Data: A Review*. In *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS -IEEE)*, s. 42-47.
- Shen, L., Yang, Q., Hou, Y. ve Lin, J. (2022), Research on Information Sharing Incentive Mechanism of China's Port Cold Chain Logistics Enterprises Based on Blockchain, *Ocean & Coastal Management*, 225, s.106229.
- Shoji, K., Schudel, S., Onwude, D., Shrivastava, C. ve Defraeye, T. (2022), Mapping The Postharvest Life of Imported Fruits From Packhouse To Retail Stores Using Physics-Based Digital Twins. *Resources, Conservation and Recycling*, 176, s.105914.
- Si, Y. (2022), Agricultural Cold Chain Logistics Mode Based on Multi-Mode Blockchain Data Model, *Computational Intelligence and Neuroscience*, s.1-12.
- Steinka, I., Barone, C., Parisi, S. ve Micali, M. (2017), Technology and Chemical Features of Frozen Vegetables, In *The Chemistry of Frozen Vegetables*, s. 23-29.
- Sun, X., Gao, L. ve Liang, Y. (2019), *Research on Big Data Acquisition and Application of Cold Chain Logistics Based on Artificial Intelligence and Energy Internet of Things*, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 252(5), s.052052.
- Talay, I. (2020), Soğuk Zincir Lojistiği Gerektiren Uluslararası Ticarete Nesnelerin İnternetinin Kullanımı, *Third Sector Social Economic Review*, 55(2), s. 1169-1187.
- Tektaş, A. ve Tanyaş, M.(2020), Lojistik ve Gıda Zincirinde İyileştirmeler, Yayın No: TUSIAD-T/2020-03/617, s.1-40.
- Tsaramirsis, G., Kantaros, A., Al-Darraj, I., Piromalis, D., Apostolopoulos, C., Pavlopoulou, A., ... & Khan, F. Q. (2022), A Modern Approach Towards an Industry 4.0 Model: From Driving Technologies to Management. *Journal of Sensors*, s.1-18.
- Wang, K. Y. ve Yip, T. L. (2018), Cold-Chain Systems in China and Value-Chain Analysis, In *Finance and Risk Management For International Logistics and The Supply Chain*, s.217-241.
- Wu, W., Shen, L., Zhao, Z., Harish, A. R., Zhong, R. Y., & Huang, G. Q. (2023). Internet of Everything and Digital Twin enabled Service Platform for Cold Chain Logistics. *Journal of Industrial Information Integration*, 100443.
- Xie, R., Huang, H., Zhang, Y. ve Yu, P. (2022), Coupling Relationship between Cold Chain Logistics and Economic Development: A Investigation From China. *Plos One*, 17(2), s.e0264561.
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018), The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges, *International journal of financial research*, 9(2), s.90-95.
- Zhang, H., Qiu, B. ve Zhang, K. (2017), A New Risk Assessment Model for Agricultural Products Cold Chain Logistics, *Industrial management & data systems*, 117(9), 1800-1816.
- Zhang, X., Sun, Y. ve Sun, Y. (2022), Research on Cold Chain Logistics Traceability System of Fresh Agricultural Products Based on Blockchain, *Computational Intelligence and Neuroscience*, s.1-13.

- 
- Zhang, Y., Liu, Y., Jiong, Z., Zhang, X., Li, B. ve Chen, E. (2021), Development and Assessment of Blockchain-Iot-Based Traceability System for Frozen Aquatic Product, *Journal of Food Process Engineering*, 44(5), s. e13669.
- Zhao, H., Liu, S., Tian, C., Yan, G. ve Wang, D. (2018), An Overview of Current Status of Cold Chain in China, *International Journal of Refrigeration*, 88, s. 1-35.
- Zheng, C., Peng, B., & Wei, G. (2020), Operational Risk Modeling for Cold Chain Logistics System: A Bayesian Network Approach, *Kybernetes*, 50(2), s.550-567.