




## Gıda Ürünlerinin İzlenebilirliğinde Blok Zinciri Teknolojisinin Kullanımı

### Use of Blockchain Technology in Traceability of Food Products

Dilara Gerdan<sup>1</sup> , Caner Koç<sup>1,\*</sup> , Mustafa Vatandaş<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye.

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar): C. Koç, e-mail (e-posta): ckoc@ankara.edu.tr

#### Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 09 Nisan 2020  
Düzeltilme tarihi : 11 Mayıs 2020  
Kabul tarihi : 16 Temmuz 2020

#### Anahtar Kelimeler:

Gıda güvenliği  
Tarım tedarik zincirleri  
Blok zinciri

#### ÖZET

Günümüzde, dünyadaki en önemli sorunlardan bir tanesi gıda güvenliği ve gıda taşımasının önüne geçmektir. Blok zincir teknolojisi, verilerin şeffaf ve değiştirilemez olması, korsan saldırısı gibi dış etkenlerden etkilenmemesi gibi nedenlerden dolayı son yıllarda tüm dünyada üzerinde durulan güncel teknolojik bir konudur. Ağırıklı olarak finans sektöründe uygulamaları bulunan blok zinciri gıda güvenliği ve takibi amacıyla da kullanılabilir. Blok zincir teknolojisi ile bir tarımsal ürünün üretiminden tüketiciye ve pazarlamaya kadar olan her aşaması sanal ve şeffaf bir şekilde kriptolu olarak takip edilebilmekte, hatta yüksek güvenlikli olarak ödeme de yapılabilmektedir. Bu çalışmada, blok zinciri kavramı açıklanmaya çalışılmış ayrıca gıda güvenliğinde blok zinciri teknolojisi, gıda ve tarım sektöründeki güncel eğilimler, blok zinciri ile ilgili çalışmalar, mimarisi ve patent durumları incelenmiştir. Yapılan çalışmada blok zincir geliştirme platformları genel olarak ücretsiz ulaşılabilen **JavaScript, C++, Solidity ve Simplicity** gibi programlama dillerinin yoğun olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Yine yapılan çalışmada blok zincir teknolojisi ile bağlı olan birçok mobil ve veri madenciliğinde kullanılan blok zincir teknolojilerini destekleyici programlar hakkında da bilgiler verilmiştir. Sonuçta, blok zincir teknolojisinin tarımsal ürünler için kullanımının üretici, tüketici hem de araçlar için çok faydalı olacağı bulgularına ulaşılmıştır.

#### Article Info

Received date : 09 April 2020  
Revised date : 11 May 2020  
Accepted date : 16 July 2020

#### Keywords:

Food safety  
Agriculture supply chains  
Blockchain

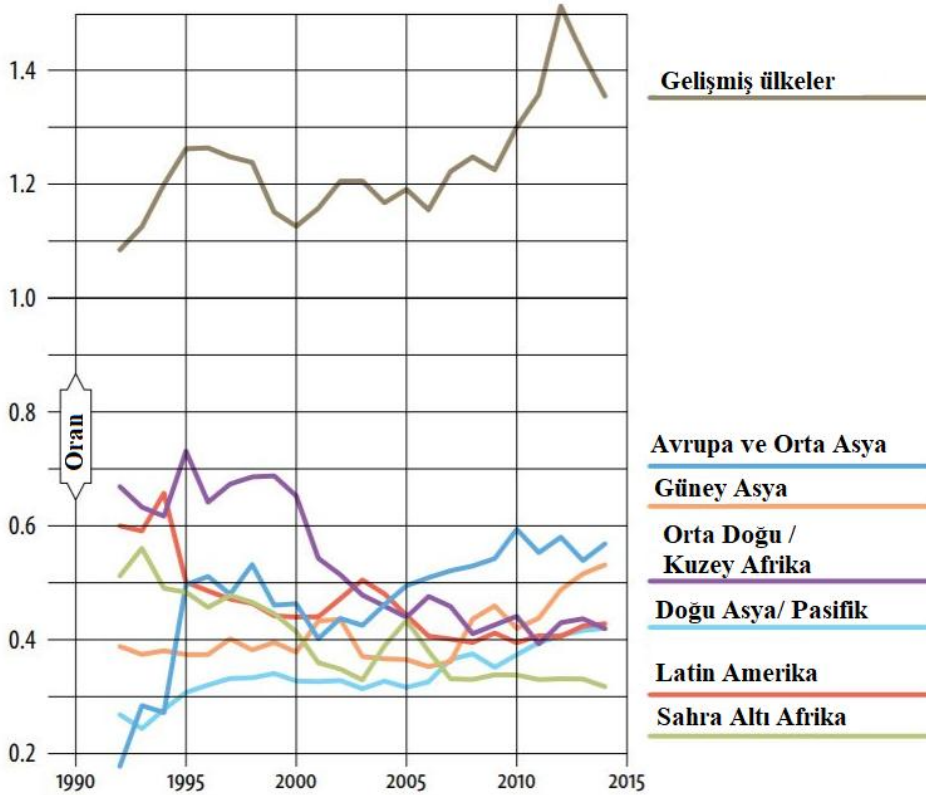
#### ABSTRACT

Nowadays, one of the most important problems in the world is to prevent food safety and food waste. Blockchain technology is an up-to-date technological issue that has been addressed all over the world in recent years due to the fact that the data is transparent and unchangeable and not affected by external factors such as hacker attack. Block chain, which has applications mainly in the financial sector, can also be used for food safety and traceability. With blockchain technology, every stage of the production of an agricultural product, from consumer to marketing, can be tracked in a virtual and transparent way, and even payment can be made with high security. In this study, the concept of blockchain is tried to be explained and blockchain technology in food safety, current trends in food and agriculture sector, studies about block chain, blockchain architecture and patent cases are examined. In the study, it was determined that blockchain development platforms are widely used in programming languages such as JavaScript, C ++, Solidity and Simplicity, which are generally available free. In addition, information is provided about the programs that support blockchain technology used in many mobile and data mining related to blockchain technology. As a result, it was found that the use of blockchain technology for agricultural products would be very beneficial for producers, consumers and distributors.

## 1. GIDA VE TARIM SEKTÖRÜNDEKİ GÜNCEL EĞİLİMLER

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar yaklaşık 10 milyara çıkması ve bu nüfusun tarımsal ürün talebinin, 2013'e kıyasla yüzde 50 oranında artırması beklenmektedir (FAO, 2017). Toplam üretim ve istihdamda tarımın payındaki düşüş, farklı hızlarda gerçekleşmekte ve bölgeler arasında farklı zorluklar yaratmaktadır. Her ne kadar tarımsal yatırımlar ve teknolojik yenilikler verimliliği artırıyor olsa da, getiri artışını yavaşlatmıştır. Bununla birlikte, verimlilik artışında ihtiyaç duyulan hızlanma, doğal kaynakların bozulması, biyolojik çeşitliliğin kaybı ve anti mikrobiyalere dirençli olan sınır ötesi zararlılarla, bitki ve hayvan hastalıklarının yayılması ile engellenmektedir (FAO, 2017). Ayrıca, artan taleplerin mevcut tarım uygulamalarıyla karşılanması, doğal kaynaklar için daha yoğun bir rekabete, artan sera gazı emisyonlarına ve daha fazla ormansızlaşma ve arazi bozulmalarına yol açabilecektir (FAO, 2017). Dünya genelinde yaşanan nüfus artışı, kentleşme, tarım kesiminde çalışan nüfusun yaşlanması, küresel ekonomideki büyüme, tarıma yapılan yatırımlar, gıda ticareti ve fiyatlar, doğal kaynakların bozulması ve yaşanan göçler sosyal organizasyon ve genel olarak sosyoekonomik kalkınma üzerinde önemli etkilere sahiptir. Özellikle kırsal alanlarda yaşlanma, ulusal ortalamalardan daha hızlı ilerleme eğilimindedir. Herkes için gıda güvenliğini sağlayabilecek sürdürülebilir kalkınma yolları planlanırken nüfus dinamikleri dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir (FAO, 2017). İşletmecilik bazında bakıldığında, düşük ve düşük-orta gelirli ülkelerdeki tarım, beş hektardan az çiftliklerde yönetilen tüm tarım alanlarının sırasıyla dörtte üçü ve üçte ikisi olmak üzere küçük çiftliklerden oluşmaktadır (FAO, 2017). Birçok küçük ölçekli işletmeciyi, finansmana ve pazara erişimin olmaması, taşımacılık, kalite, izlenebilirlik ve belgelendirme standartlarına uyma nedeniyle entegre değer zincirlerine katılmak için mücadele etmektedir. Küresel tedarik zincirleri ve süpermarketler gibi büyük ölçekli dağıtım sistemlerine artan bir güven duyulmaktadır.

The State of Food Insecurity (2015), 2014-16 yıllarında düşük ve orta gelirli ülkelerde yaklaşık 775 milyon insanın, bir yıllık bir süre boyunca günlük minimum diyet enerjisi gereksinimlerini karşılamak için yeterli gıda alamadığını tahmin etmiştir (FAO, 2017). 2005-2015 yılları arasında 1990-2005'e kıyasla daha fazla ilerleme kaydedilse de, yoksulluk kırsal alanlarda yoğunlaşmış durumda ve mevcut eğilimler 2030 yılına kadar açlığın ortadan kaldırılması hedefine ulaşamayacağını göstermektedir. Ayrıca 2030 yılına kadar Dünya genelinde yaşanan açlığı giderebilmek için yıllık 265 Milyar \$'lık yatırım yapılması gerektiği vurgulanmıştır (FAO, 2017). Yüksek gelirli ülkelerde, Doğu Asya ve Pasifik'te (Çin dâhil), Güney Asya, Avrupa ve Orta Asya'da yatırım yönelimi oranı artarken, Orta Doğu, Kuzey Afrika, Sahra altı Afrika, Latin Amerika ve Karayipler'de düşmüştür (Şekil 1.)



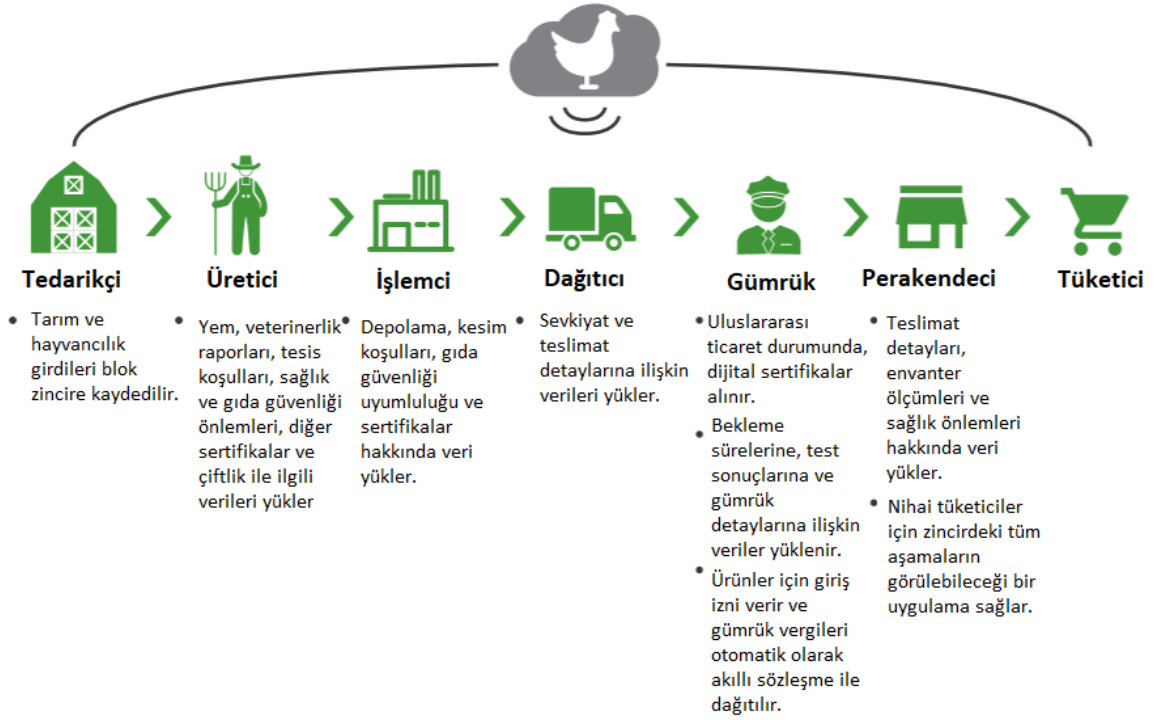
Şekil 1. Bölgelere göre tarımsal yatırım oranı, 1990-2015 (FAO, 2017)

## 2. İZLENEBİLİRLİK, ŞEFFAFLIK, GÜVENLİK

İnsanların en temel ihtiyaçlarından biri olan beslenme ve sağlıklı yaşam, gıda güvenliği temelinde mümkün olmaktadır. Gıda güvenliği, gıdanın kullanım amacına uygun olarak hazırlandığı ve tüketildiği anda da tüketicilere zarar vermediği anlamında kullanılan bir kavramdır. Ayrıca, gıdalarda meydana gelebilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve her türlü hasarı ortadan kaldırmak için alınan önlemlerin toplamını ifade etmekte ve güvenli (sağlıklı) yiyecekler, besin değerlerini kaybetmemiş fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehlikeler açısından temiz ve sağlam yiyecekler olarak da tanımlanabilmektedir (Erkmen, 2010).

Günümüzde, gıda işleme ve tüketiciye sunma konusunda eski yaklaşımlar yerine, hem tüketicinin farkındalığını artırarak daha güvenli gıda üretmek, hem de ülkelerin gıda mevzuatlarının yeniden incelenerek tekrar sunulması gıda güvenliği için önemli bir konu haline gelmiştir. Son yıllarda meydana gelen gıda ile ilgili sağlık sorunları, ölümler ve potansiyel riskler tüketiciler arasında büyük güvensizlik yaratmış ve özellikle gelişmiş ülkelerde tüketicilerin gıda güvenliği ve kalitesine duyarlılığını artırmıştır. Bu gibi gıda güvenliği adına alınan önlemlerin ne kadar etkili olduğu sorgulanmaya başlamıştır. Konuyla ilgili olarak Avrupa Birliğinde, 2002 yılında "Avrupa Gıda Kanunu" (178/2002) ve ardından gıda güvenliği yönetmelikleri 2005 yılından itibaren yürürlüğe girmiştir (Yaralı, 2019). Türkiye'de Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE, 1954) kuruluşu, gıda güvenliği alanında ülkemizde yapılan önemli adımlardan biridir. "Gıda güvenliği alanında gerçekleşen önemli gelişmeler arasında, 560 sayılı "Gıdaların Üretim, Tüketim ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararname (1995)" ve bu kararname kapsamında çıkarılan Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (1997), Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Yönetmelik (1998) ve 2008 yılında hazırlanan Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Denetimi ve Kontrolüne Dair Yönetmelik yer almaktadır." 2000'li yıllardan sonra gıda güvenliği alanında yapılan çalışmalar hız kazanmış ve bunların yanı sıra, tüketicilerin gıda güvenliğine artan taleplerini çeşitli platformlarda dile getirmesi, hükümetlerin gıda güvenliği ve güvencesi üzerine politikalar hazırlamalarında etkili olmuşlardır (Anonim, 2020a). Dünya Sağlık Örgütüncü her yıl dünya çapında 400 binden fazla insanın bozuk gıda tüketimi nedeniyle hayatını kaybetmiş olduğu bildirilmiştir. Yine yaklaşık her 10 kişiden biri senede en az bir kere bozuk ya da temiz olmayan sağlığa zararlı hale gelen gıdaların tüketimi nedeniyle hastalanmaktadır. Ayrıca "Küresel Gıda Güvenliği İndeksi 2015" sonuçlarına göre Türkiye, gıda güvenliğinde 109 ülke arasında 39. sırada yer almıştır (FAO, 2017). Büyük ekonomik kayıplara neden olan ve tüketicilerin güvenliğini aşındıran gıda tahribatındaki sürekli artış, üreticiler, araştırmacılar, hükümetler, tüketiciler ve diğer paydaşlar için önemli bir sorun haline gelmiştir.

Güvenilirliği anlamak için gıda tedarik zincirinin izlenmesi ve doğrulanması, dünya genelinde gıda tedarik zincirindeki bozulmaların belirlenmesi ve ele alınması açısından kritik öneme sahiptir. İzlenebilirlik sorunlarını çözenin ve şeffaflığı sağlamanın yolu blok zinciri teknolojisini kullanmaktan geçmektedir (Tripoli ve Schmidhuber, 2018). Dağıtık Defter Teknolojisi (DDT)'ne dayanan blok zinciri, tarımsal gıda endüstrisinde şeffaflığı ve izlenebilirliği sağlayarak tarımsal değer zincirlerindeki araçları elimine ederek riskleri azaltma ve verimliliği artırma kabiliyetine sahiptir (Tripoli ve Schmidhuber, 2018). Blok zincirinden önce var olan Dağıtık Defter Teknolojisi, kripto para birimleri için icat edilmiş, bir işlem veya kayıt veri tabanının konsensüsüne dayanan, katılımcıların merkezi bir koordinatör olmaksızın bir dizi paylaşılan veri ve onların geçerliliği üzerinde anlaşmaya vardıkları çok taraflı bir sistemdir (Davidson ve ark., 2016; Anonim, 2020b). Ek olarak, belirsizliği azaltarak ve piyasa oyuncularını arasında güveni sağlayarak, akıllı sözleşmeler oluşturularak küçük işletmeler ve KOBİ'ler için daha kapsamlı bir piyasa katılımında gerçek bir fırsat sunmaktadır. Tedarik zinciri aktörleri, tedarik zincirindeki her bir ürünün hareketini çiftlikte kullanılan tüm girdi ve uygulamaların yanı sıra (gübreler, yem, sulama, veterinerlik hizmetleri vb.) taşıma ve depolama koşullarına kadar belirleyebilmektedir. Bu teknolojinin diğer bir önemli yanı ise, ürün tedarik zincirindeki kayıtlı her ürün için, üretimden satışa dek uzanan yolculuktaki her hareketin izlenebilmesi ile süreç şeffaf olarak tüm tüketiciler tarafından gözlemlenebilmekte, riskler takip edilebilmekte ve problemler ürünlerin en kısa sürede tespit edilerek tüketimlerinin engellenmesi veya toplatılabilmesine olanak sağlamaktadır (Tripoli ve Schmidhuber, 2018). Ürün bilgilerinin blok zincirine kaydedilmesi ve bu bilgilerin değiştirilemez oluşu nedeniyle sahte gıda ve tağşişin önüne geçilmektedir. Tüketicinin blok zincire ulaşması, yapılacak akıllı telefon uygulamaları ile gerçek zamanlı olarak ilgili bilgiye sahip olabileceği QR kod ve Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) uygulamaları ile daha iyi bir satın alım gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Tedarik zincirleri, bulut bilişim, yapay zekâ ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojilerle dijitalleşse de, blok zinciri teknolojisi, verimliliği ve şeffaflığı artırma konusunda en büyük potansiyele sahip yeniliktir. Tüketicinin tüm aşamaları takip edebildiği örnek bir blok zinciri uygulaması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Blok zinciri teknolojisi ile oluşturulmuş bir tarımsal tedarik zinciri (Tripoli ve Schmidhuber, 2018)

Çoğu sektöre benzer şekilde, tarım ve tarımsal tedarik zincirlerindeki işlemler hiçbir zaman tam bir dijital dönüşüm geçirmemiştir. Artan nüfusun gıda taleplerini karşılamak için sayısız zorluklarla karşı karşıya gelen dünya tarımının hedefleri arasında; düşük ve orta gelirli ülkelerdeki tahıl tercihli ürünlerden hayvansal, meyve ve sebze ürünlerinin daha yüksek tüketimine doğru değişen tüketici tercihlerine uyum sağlamak bir önceliktir. Bununla birlikte hedefler arasında, çevre açısından daha sürdürülebilir tarımsal uygulamaların teşvik edilmesi ve çevresel ayak izlerinin azaltılması, tedarik zinciri maliyetlerini azaltmak, karlı tarım faaliyetlerini sürdürmek ve küçük ölçekli gıda üreticilerinin gelirlerini artırmak bulunmaktadır (Tripoli ve Schmidhuber, 2018).

Tedarik zinciri yönetiminde izlenebilirlik, özellikle tarım üretiminde önemli bir sistemdir. ISO 22005 (2007) 'ye göre gıda izlenebilirliği; gıda, yem veya tüketim için kullanılan maddeleri üretim, işleme ve dağıtımın tüm aşamalarında izleyebilen bir sistemdir. Sistem, merkezi veri tabanında bulunan her bir düğümde işlem sırasında gıda lojistiği kayıtlarının alınmasını sağlamaktadır. Hammaddelerin yukarıdan aşağıya izlenmesi fırsatını arttırmakla beraber, nihai tüketicilere ulaştırma, paketleme, pazarlama kayıtlarını almaktadır (Lin ve Zhou, 2005).

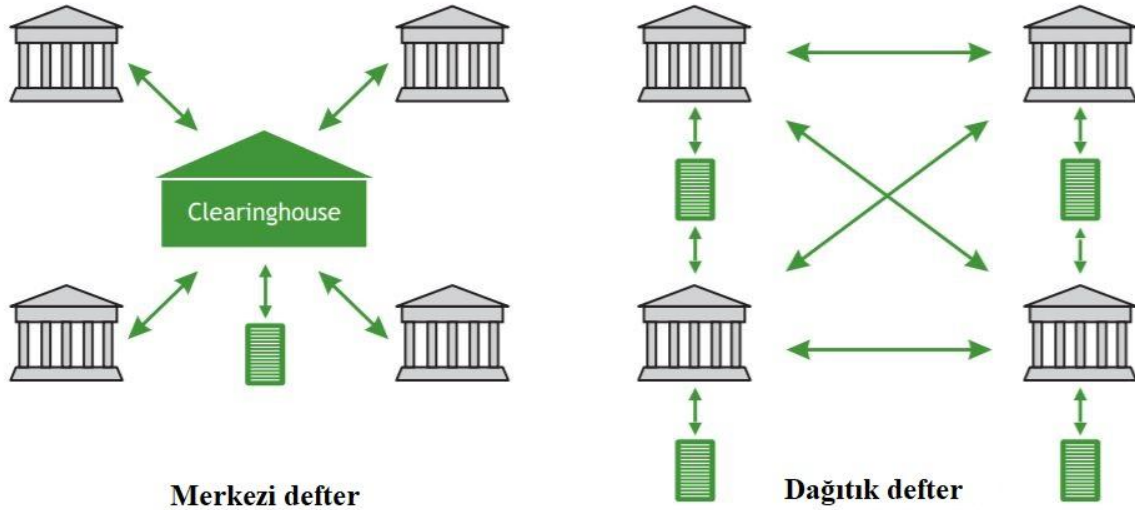
### 3. BLOK ZİNCİRİ VE TARIMDA UYGULAMALARI

Temeli Dağıtık Defter Teknolojisi (DDT)'ne dayanan blok zinciri, belirsizliği en aza indiren ve dijital bir güven kurumu olarak işlev gören, merkezi olmayan ve paylaşılan bir defter ile değer değişimini engelleyen, değer transferlerinin muhasebeleştirilmesinde yeni bir yöntem sunmaktadır. Dağıtık Defter Teknolojileri, pek çok uygulamaya sahip gelişmiş bir teknoloji ve işlem sistemidir. Blok zincirinin temeli, "2008 yılında yazılmış olan "Bitcoin: Bir Eşten Eşe Elektronik Ödeme Sistemi" adlı makaleye dayanmaktadır (Nakamoto, 2013; Yıldızbaşı ve Üstünyer, 2019). Blok zincir teknolojisi ile tedarik zincirlerinin yeniden tasarlanması süreç izlenebilirliğini kolaylaştırmakta, güvenilirliği ve verimliliği arttırmaktadır (Yıldızbaşı ve Üstünyer, 2019; Kehoe ve ark., 2017). Blok zinciri, gıda izlenebilirliğinin sadece tüketicinin bilgilendirilmesi amacı dışında, aynı zamanda, gıda kaynaklı hastalıklar konusundaki araştırmalar için veri tabanı sunabilen önemli bir teknolojidir. Dijital para evresi olarak da adlandırılan blok zinciri 1.0, para transferi ve dijital ödeme gibi uygulamaları bulunan kripto paraları ifade etmekte olup, blok zinciri 2.0' da ise çok çeşitli, krediler ve ipotekler ile ekonomik ve finansal uygulamaları kapsamaktadır. Dijital toplum olarak da adlandırılan blok zinciri 3.0, bilim, sanat, sağlık, eğitim, iletişim, yönetim ve denetim alanlarını da kapsamaktadır (Tanrıverdi ve ark., 2019).

Basit bir blok zincir işlemi sırasında:

- Kullanıcılar, Dağıtık Defter Teknolojisi (DDT) olarak bilinen bir işlemle kalıcı, değiştirilemez bir kayıt oluşturmaktadır.
- Kayıt şifrelenmekte ve işlemdeki tüm katılımcıların bilgileri bir bilgisayar ağında saklanmaktadır.
- İşlem geçmişinin veya defterin özdeş bir kopyası katılımcılar arasında paylaşılmakta ve bu da işlemlerin doğruluğunun üçüncü taraf doğrulaması ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır.
- Her yeni işlem, bir "bilgi zinciri" yaratarak, şebeke tarafından doğrulama yoluyla kalıcı olarak kayıt defterine kaydedilmektedir (Tripoli ve Schmidhuber, 2018).

Tarımsal tedarik zincirleri, halka açık olduğu gibi özel bir blok zinciri de kullanabilmektedir. “İzinli” olarak tanımlanan blok zincirinde, sisteme katılan tüm katılımcılar ağa erişebilmekte, işlemlerini kaydetme ve dağıtık defterde kayıtlı geçmiş bilgileri görebildiği gibi veri girişinin sağlayabilmekte ve denetlemenin bir parçası olabilmektedir. “İzinsiz” olarak tanımlanan blok zincirleri ise daha azına imkân sağlayarak herhangi bir kişinin kendi adresini oluşturması ve etkileşime girmesi için herkese erişim sağlamasına olanak vermektedir. Herhangi bir merkezi otorite gerektirmeden verilerin güvenli bir şekilde tutulmasını sağlayan blok zinciri, ağdaki farklı düğümler arasındaki işlem değerlerini başka bir aracıya gerek kalmadan depolamak için kullanılan eşler arası bir sistemdir. İşlemlerin depolama birimleri olan büyüekte olan bir “bloklar” listesidir. Zincirdeki her blok bir önceki blok ile bağlantılı olarak blok sıralaması veya blok verilerinde değişiklik veya değişiklik yapılmasını önlemektedir (Şekil 3.) (Seirawan, 2019).



Şekil 3. Geleneksel merkezi defter ve dağıtık defter (Tripoli ve Schmidhuber, 2018)

Gıda endüstrisindeki şirketler, hızla gelişen teknoloji ile gelişmiş veri yönetimi uygulamalarının tedarik zinciri verimliliğini iyileştirmekte olduğunu ve işlemlerdeki gecikmeleri azalttığını belirtmişlerdir (Tripoli ve Schmidhuber, 2018). Ayrıca bu teknoloji ile işlem maliyetlerini düşürme, lojistiği optimize etme, izlenebilirliği artırma ve gıda güvenliği protokollerini geliştirme potansiyelinden faydalanmayı hedeflemektedirler. Dünya’ya bakıldığında, küresel teknoloji şirketleri, tedarik zincirindeki bağlantıları daha yakından hizalayan blok zinciri uygulamalarını geliştirmek için küresel lojistik şirketleri ve perakendecilerle ortaklıklar kurmaktadır. Diğer bir küresel şirket ise web hizmetleri kolu AWS aracılığıyla, blok zincir kullanımını artırmak için ağ erişim kontrolüne sahip bir dizi blok zincir şablonu yayınlamıştır (Tripoli ve Schmidhuber, 2018). Bazı Avrupa birliği ülkesindeki şirketler ise, işlem süresini ve maliyetini önemli ölçüde azaltması amacıyla Çin soya fasulyesinin blok zinciri üzerinden ticaretinin yapılması için üç farklı Avrupa bankası ile iş birliği yapmıştır. Kahve şirketleri de, kahve tanelerinin kaynağını izlemek için bu teknolojiden faydalanmaktadır. Organik süt ve et üreticileri ise, organik yemin gerçekliğini doğrulayan blok zinciri ortaklıklarını geliştirmek istemektedirler. Küresel gıda tedarik zincirlerinden (Dole, Driscoll's, Golden State Foods, Kroger, McCormick, Nestlé, Tyson Foods ve Walmart vb.) oluşan bir konsorsiyum yine blok zinciri teknolojisini test etmek için IBM ile iş birliği yapmaktadır (Tripoli ve Schmidhuber, 2018). Behnke ve Janssen (2019) blok zinciri teknolojisinin hammadde izlenebilirliği için tedarik zincirlerinde ve ürün arzında şeffaflık yaratmak için kullanılabileceğini; Abeyratne ve Monfared (2016) dağıtık defter teknolojisini kullanan kullanıcılarının güçlenirken, mevcut birçok geleneksel sistemi daha güvenli, dağıtılmış, şeffaf, işbirlikçi sistemlere dönüştürme yeteneğine sahip devrim niteliğinde bir yenilik olduğunu belirtmişlerdir. Kamble ve ark. (2019) merkezi olmayan, güvenli ve paylaşılan veri tabanına sahip bir blok zinciri modellemiş ve bu teknolojinin kullanımının tedarik zinciri izlenebilirliğinde ki işlem maliyetlerini azalttığını vurgulamışlardır. Benzer projeler Asya’da gıda sahtekârlığıyla mücadele etmek için Çin’in en büyük iki e-ticaret şirketi ile devam etmektedir. Alibaba, gıda suistimalini ortadan kaldırmak için tedarik zincirlerine blok zinciri tabanlı teknolojiler entegre etmek için PricewaterhouseCoopers, Blackmores ve Australia Post ile bir girişim başlatmıştır. Çin’in ikinci büyük e-ticaret şirketi olan JD.com da, dondurulmuş sığır eti üretimini ve dağıtımını izlemek için Moğolistan merkezli bir sığır eti üreticisi ile birlikte çalışmaktadır (Huang, 2017).

Blok zinciri konusu ile ilgili olarak ilk başvuru 2008 yılında olmak üzere 2019 yılı sonuna kadar pek çok ticari alanda toplam 10134 adet patent başvurusu yapılmıştır. Patent başvuruları son iki yılda yoğunlaşmış ve 2018 yılında blok zinciri konusyla ilgili 4673 adet, 2019 yılında ise 2354 adet patent başvurusu yapılmıştır. Patent başvurusu yapan ülkelerin başında 4948 adet ile Amerika Birleşik Devletleri, 1452 başvuru ile Çin, 711 başvuru Avrupa Ülkeleri, 539 başvuru İngiltere, 444 Almanya olmak üzere diğerleri izlemiştir. Patent başvurusu yapan firmalar incelendiğinde ağırlıklı olarak IBM, INTEL ve Microsoft gibi küresel firmalar olmak üzere birçok start up firması da bulunmaktadır. Yalnızca blok zinciri ile

ilgili faaliyet yürüten başlıca Amerika Birleşik Devletleri'nde 726, İngiltere'de 186, Kanada da 117, Singapur'da 80 ve bu ülkeleri Hindistan'da 71, Almanya'da 61, Avustralya da 54, Çin'de 50, Fransa'da 36 ve İsrail'de 29 firma bulunmaktadır. Türkiye'de başta GSM şirketleri olmak üzere blok zinciri alanında yapılmış başvurular mevcuttur. Ancak, tarım ve gıda alanında herhangi bir başvuru bulunmamaktadır (Anonim, 2020c).

#### 4. BLOK ZİNCİRİ GELİŞTİRME PLATFORMLARI

Blok zinciri mimarisi oluşturmada ticari ve ücretsiz platformlar olduğu gibi **JavaScript, C++, Solidity ve Simplicity** gibi programlama dilleriyle özgün tasarımlar da yapılabilmektedir. **IBM** firması tarafından geliştirilen bir modülde, modüler tasarımlar yaparak blok zincir yapısı oluşturmaya yönelik **Hyperledger Fabric** (Cachin, 2016) adlı bir çerçeve yazılımı geliştirilmiştir. Blok zincirin işlevsel olarak kullanılmasını sağlayan diğer önemli bir özelliği ise mobil telefon uygulamalarıdır. Blok zincir teknolojisinin mobil telefonlarda kullanılmasına yönelik özel yazılımlarda geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak özellikle Android uygulamalar için sunucu uygulaması (backend) **Kubernetes** (Brewer, 2015) platformu geliştirilmiştir. Bu platform kapsayıcı iş yüklerini ve hizmetlerini yönetmek için hem bildirim yapılandırmasını hem de otomasyonu kolaylaştıran taşınabilir, genişletilebilir ve açık kaynaklı bir platformdur. Geniş, hızla büyüyen bir ekosisteme sahiptir. Kubernetes hizmetleri, desteği ve araçları da yaygın olarak bulunmaktadır. Blok zincirindeki en önemli unsurlardan biri de verilerin depolanmasıdır. Verileri depolamak için **MongoDB** (Khan and Mane, 2013) ve blok zinciri isteklerini optimize etmek için **RabbitMQ** (Rostanski ve ark., 2014) ve **Redis** (Gade ve ark., 2018) gibi programlar bir arada farklı işlevleri görebilmesi için kullanılabilir. MongoDB; **NoSQL** (Not only SQL) veri tabanı olan çapraz platformlu ve açık kaynaklı bir belge odaklı veri tabanıdır. RabbitMQ; bir uygulamadan bir mesajı alıp, bir başka uygulama sırası geldiğinde bunu iletmede sıklığı azaltmak için kullanılan açık kaynak kodlu programdır. Redis; kullanım amacı ise verileri RAM üzerinde saklamaktır. İstenilen zaman aralıkları ile verileri disk'e kaydetmek gibi bir görevi de bulunmaktadır.

#### 5. SONUÇ

Blok zinciri teknolojisi son yıllarda tüm dünyada üzerinde durulan bir konu olmakta ve tarım sektörü için eşsiz bir fırsat sunmaktadır. Bu teknolojik platform, alıcılar ve satıcılar arasındaki belirsizliği azaltmak için yeni bir dijital güven kurumu sunmakta ve bu kuruluşlara daha fazla verimlilik, şeffaflık ve izlenebilirlik getirmektedir. Tarım sektörü ve tüm küresel ekonomi için temel olan bilgi alışverişinin eşler arası işlem ağı ve akıllı sözleşmeler kullanılmasıyla tarım tedarik zincirlerinde, tarımsal finansa ve bir bütün olarak tarım sektöründe verimlilik kazanımları sağlanabilir. Şeffaflık ve daha yüksek kalite gibi ayrıntılar sayesinde, blok zinciri gıda güvenliği ve sürdürülebilirliğinde tüketici bilincinde gelişmeler sağlayabilmektedir. Nihayetinde, bu teknoloji hükümetlerin tarım sektöründe kapsayıcı ekonomik büyüme, kırsal kalkınma ve gıda güvenliği gibi kamu politika hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olabileceği gibi, sürdürülebilir kalkınmaya da bir katalizör olabilir. Tarım odaklı kuruluşlar, bilgi tabanını geliştirmeye devam ederek ve blok zinciri ile etkinleştirilen tarımsal değer zincirlerinde aktif bir rol oynamada tarımsal aktörleri ve hükümetleri hazırlamak ve desteklemek için gerekli teknik yardım türlerini kavramsallaştırmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- Abeyratne S.A., and Monfared R.P. 2016. Blockchain Ready Manufacturing Supply Chain Using Distributed Ledger. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(9): 1-10, DOI:10.15623/ijret.2016.0509001.
- Anonim, 2020a. Web sayfası: <https://evrimagaci.org/gida-guvenligi-nedir-turkiyede-gida-guvenligi-nasildir-7841>, Erişim tarihi: 22.01.2020
- Anonim, 2020b. Web sayfası: <https://medium.com/patikan/blockchain-ve-da%C4%9F%C4%B1t%C4%B1k-defter-teknolojileri-4e76083d2c2f>, Erişim tarihi: 09.05.2020
- Anonim, 2020c. Web sayfası: <https://www.iprhelphdesk.eu/event/4191-inpadoc-epo-worldwide-legal-status-database-espacenet>
- Behnke K. and Janssen, M. F. W. H. A. 2019. Boundary conditions for Traceability in Food Supply Chains Using Blockchain Technology. *International Journal of Information Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.25.10.2019>. (Accepted/In press).
- Brewer, E.A. 2015. August. Kubernetes and the path to cloud native. In Proceedings of the Sixth ACM Symposium on Cloud Computing (pp. 167-167).
- Cachin, C. 2016. Architecture of the hyperledger blockchain fabric. In Workshop on distributed cryptocurrencies and consensus ledgers (Vol. 310, p. 4).
- Davidson, S., De Filippi, P., and Potts, J. 2016. Disrupting governance: The new institutional economics of distributed ledger technology. Available at SSRN: [ssrn.com/abstract=2811995](https://ssrn.com/abstract=2811995), doi.org/10.2139/ssrn.2811995
- Erkmen, O. 2010. Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 53(3): 220-235.
- FAO, 2017. The future of food and agriculture–Trends and challenges. Annual Report.

- Gade, A.N., Larsen, T.S., Nissen, S.B. and Jensen, R.L. 2018. REDIS: A value-based decision support tool for renovation of building portfolios. *Building and Environment*, 142:107-118.
- Huang, E. 2017. Blockchain Could Fix a Key Problem in China's Food Industry: The Fear of food Made in China. Quartz, 10 August. <https://qz.com/1031861/blockchain-could-fix-a-key-problemin-chinas-food-industry-the-fear-of-food-made-in-china/>.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., and Sharma, R. 2019. Modeling the Blockchain Enabled Traceability in Agriculture Supply Chain. *International Journal of Information Management*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268401218312118>.
- Kehoe, L., O'Connell N., Andrzejewski, D., Gindner, K., and Dalal, D. 2017. When two chains combine: Supply chain meets blockchain. Deloitte, 2-15.
- Khan, S. and Mane, V., 2013. SQL support over MongoDB using metadata. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(10):1-5.
- Lin, l., and Zhou, D. 2005. On the Construction of Food Quality and Safety Traceability System (in Chinese). *Commercial Research* 21: 41-44.
- Nakamoto, S. 2013. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. [www.bitcoin.org](http://www.bitcoin.org), 1-9.
- Rostanski, M., Grochla, K., and Seman, A. 2014, September. Evaluation of highly available and fault-tolerant middleware clustered architectures using RabbitMQ. In 2014 federated conference on computer science and information systems (pp. 879-884). IEEE.
- Seirawan, R. 2019. Applying Blockchain in Exchanging Data. İstanbul Technical University, Informatics Institute, Department of Applied Informatics Cybersecurity Engineering and Cryptography Programme, M.Sc. Thesis, İstanbul/TURKEY.
- Tanrıverdi, M., Uysal, M., ve Üstündağ, M. T. 2019. Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(3): 203-217, DOI: 10.17671/gazibtd.547122.
- Tripoli, M., and Schmidhuber, J. 2018. Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry. FAO and ICTSD: Rome and Geneva. Licence: CC BY-NC-SA, 3.
- Yaralı, E., 2019. Traceability in food chain. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(1): 108-119.
- Yıldızbaşı, A., ve Üstünyer, P. 2019. Tarımsal Gıda Tedarik Zincirinde Blokzincir Tasarımı: Türkiye'de Hal Yasası Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2): 458-465.