

## Toplu Beslenme Sistemlerinde Gıda Güvenliğine Yönelik Yeni Yaklaşımlar

**Selcen ŞENTÜRK**

İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

selcen.karagulle@istun.edu.tr

ORCID: 0000-0003-4979-3550

**Özer ERGÜN**

İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi,

Beslenme ve Diyetetik Bölümü

oz.erGUN@istun.edu.tr

ORCID: 0000-0003-1675-7238

**Geliş tarihi / Received: 21.06.2025**

**Kabul tarihi / Accepted: 13.10.2025**

### Öz

Orta çağdan bu yana kentleşme, sanayileşme, sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel yapıların değişmesi ve çalışan nüfusun artmasıyla birlikte, bireyler yalnızca evde değil, aynı zamanda dışarıda da beslenmeyi tercih etmektedir. Üretimden başlayarak tüketime kadar kaliteli hizmet ve güvenilir gıda temini için uygun tedarikçilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla mevzuat ve standartlar, toplu beslenme hizmeti veren kurumlarda yüksek kaliteli ve güvenli gıda sağlamak için gerekli teknik ve hijyenik kuralları belirlemektedir. Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP), İyi Tarım Uygulamaları (GAP), İyi Üretim Uygulamaları (GMP), İyi Laboratuvar Uygulamaları (GLP), İyi Veteriner Hekimlik Uygulamaları (GVP), İyi Dağıtım Uygulamaları (GDP), İyi Hijyen Uygulamaları (GHP), BRC (British Retail Consortium) Global Standartları, IFS Food (Uluslararası Öne Çıkan Standartlar) ve ISO 22000: 2005 Gıda Güvenliği gıda sektöründe toplu yemek hizmeti sunan veya sunmak isteyen tüm işletmelerde kullanılan sistemlerdir. Ayrıca dijitalleşme, yapay zekâ, büyük veri analizi ve blokzincir gibi teknolojiler gıda güvenliği süreçlerinde giderek daha fazla kullanılmakta, izlenebilirlik ve risk yönetiminde etkin çözümler sunmaktadır. Bu derleme çalışması, söz konusu sistemlerin teorik ve pratik açıdan incelenmesiyle toplu beslenme hizmetlerinde gıda güvenliğinin sağlanmasına yönelik güncel yaklaşımları ortaya koymayı amaçlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** HACCP, yapay zeka, blokzincir, akıllı paketleme, izlenebilirlik

## New Approaches to Food Safety in General Food Service Systems

### Abstract

Since the Middle Ages, with urbanization, industrialization, changes in socio-economic and socio-cultural structures, and the increase in the working population, individuals have preferred to eat not only at home but also outside. In order to ensure high-quality service and safe food supply from production to consumption, it is essential to identify appropriate suppliers. For this purpose, legislation and standards establish the necessary technical and hygienic rules to provide high-quality and safe food in institutions offering mass catering services. Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP), Good Agricultural Practices (GAP), Good Manufacturing Practices (GMP), Good Laboratory Practices (GLP), Good Veterinary Practices (GVP), Good Distribution Practices (GDP), Good Hygiene Practices (GHP), the British Retail Consortium (BRC) Global Standards, IFS Food (International Featured Standards), and ISO 22000:2005 Food Safety are systems applied in all enterprises that provide or intend to provide mass catering services in the food sector. In addition, technologies such as digitalization, artificial intelligence, big data analytics, and blockchain are increasingly being utilized in food safety processes, offering effective solutions for traceability and risk management. This review aims to reveal current approaches to ensuring food safety in mass catering services through the theoretical and practical examination of these systems.

**Keywords:** HACCP, artificial intelligence, blockchain, smart packaging, traceability

### Giriş

Gıda güvenliği uygulamaları, bir toplumun beslenme sistemini doğrudan etkileyen kritik bir unsurdur. Gıda zincirinin her aşamasında, tarladan sofraya kadar uygulanan gıda güvenliği protokolleri, halk sağlığı açısından hayati önem taşımaktadır. Bu uygulamalar, kontamine olmuş gıdaların tüketiminden kaynaklanan hastalıkların önlenmesinde ve besin değerlerinin korunmasında kilit rol oynar (Jaffee vd., 2018). Yetersiz gıda güvenliği uygulamaları, gıda kaynaklı hastalıklara, besin yetersizliklerine ve hatta ölümcül salgınlara yol açabilir. Öte yandan, sıkı hijyen standartları, uygun depolama koşulları ve etkili denetim mekanizmaları gibi iyi gıda güvenliği uygulamaları, gıda kaynaklı riskleri en aza indirerek toplumun genel sağlık ve refahını destekler (Parlak, 2020). Ayrıca, gıda güvenliği uygulamaları, besin değerlerinin korunmasına da katkıda bulunur. Gıdaların uygun şekilde işlenmesi, saklanması ve pişirilmesi, vitaminlerin, minerallerin ve diğer önemli besin maddelerinin kaybını önler (Bhardwaj vd., 2024). Bu da, halk sağlığı beslenme programlarının etkinliğini artırır ve beslenme yeter-

sizliklerinin önüne geçilmesine yardımcı olur (Wells vd., 2020). Toplu beslenme sistemleri, gıda güvenliğini doğrudan etkileyen büyük organizasyonlardır. Bu sistemler, büyük bir tüketici kitlesine hizmet veren, yemeklerin topluca hazırlandığı ve sunulduğu mutfaklar, hastaneler, okullar, restoranlar ve kantinleri kapsar. Bu tür sistemlerde, gıda güvenliği uygulamalarının etkinliği, hem bireysel hem de toplumsal sağlık açısından büyük önem taşır (Disanto vd., 2021). Bu çerçevede HACCP, ISO 22000 gibi uluslararası standartlara dayalı sistemler; izlenebilirlik, hijyen, sanitasyon ve personel eğitimi gibi unsurlar üzerinden bütüncül bir güvenlik ağı oluşturmaktadır. Hükümetlerin, gıda üreticilerinin ve tüketicilerin, gıda güvenliğine yönelik farkındalığın artırması ve bu konuda işbirliği yapması hayati önem taşımaktadır. Bu derlemenin amacı, gıda güvenliğine ilişkin temel uygulamaları teorik ve pratik bağlamda ele almak; bu uygulamaların toplu beslenme sistemlerine etkilerini güncel literatür doğrultusunda incelemek ve konuya ilişkin gelişen eğilimleri değerlendirmektir.

### Gıda Güvenliği Kavramı ve Uygulamaları

Gıda güvenliği kavramı, yalnızca gıdanın patojenlerden ve kimyasal kirleticilerden arındırılmasını değil, aynı zamanda üretimden tüketime kadar tüm süreçlerin izlenebilir, hijyenik ve sürdürülebilir biçimde yürütülmesini kapsayan çok boyutlu bir halk sağlığı yaklaşımıdır. Gıda güvenliği yalnızca mikrobiyolojik kontaminasyonu önlemek değil; aynı zamanda adil ticaret, tüketici hakları, çevresel sürdürülebilirlik ve sosyal sorumluluk ilkeleri ile de bağlantılıdır (Soylu, 2022 ). Özellikle toplu beslenme sistemlerinde hastaneler, okullar, üniversiteler, askeri birlikler, büyük ölçekli restoran zincirleri ve endüstriyel yemekhaneler gibi çok sayıda kişiye hizmet veren yapılarda gıda güvenliği uygulamaları çok daha karmaşık ve kritik bir boyut kazanır. Bu sistemler yüksek hacimli üretim, karmaşık tedarik zincirleri ve hızlı servis gereksinimleri nedeniyle biyolojik, kimyasal, fiziksel ve alerjen kaynaklı tehlikelerin daha kolay yayılabileceği ortamlar oluşturur (Panghal vd., 2018).

Son yıllarda yapılan epidemiyolojik çalışmalar, gıda kaynaklı hastalıkların büyük bir kısmının biyolojik etmenlerden kaynaklandığını ve toplu beslenme hizmetlerinde bu risklerin daha sistematik şekilde ele alınması gerektiğini göstermektedir. *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter spp.* ve *Shiga toksin üreten E. coli* gibi patojenler; sıcaklık kontrolü eksiklikleri, çapraz bulaşma, personel hijyenindeki yetersizlikler ve soğuk zincir kırılmaları yoluyla yayılabilir (Alegbeleye vd., 2018 ; Ehuwa vd., 2021). Örneğin Türkiye’de okul yemekhaneleri üzerine yapılan saha araştırmalarında, yetersiz ekipman sanitasyonu ve hijyen protokollerine uyumsuzluğun *Salmonella* kontaminasyonunu önemli ölçüde artırdığı gösterilmiştir (Yüksel Bilsel, 2024). Avrupa’da yapılan birden fazla çok merkezli çalışmada da hastane mutfaklarında *Listeria* kontaminasyonu, hazır gıdaların sıcak-soğuk zincir yönetimiindeki aksaklıklarla ilişkilendirilmiştir (Otte

Im Kampe vd., 2024). Kimyasal tehlikeler ise gıda güvenliğinin sıklıkla göz ardı edilen ama halk sağlığı açısından ciddi sonuçlara yol açabilen bir diğer boyutudur. Pestisit kalıntıları, ağır metaller, veteriner ilaç kalıntıları, gıda katkı maddelerinin yanlış kullanımı ve temizlik kimyasalı kalıntıları kimyasal riskleri oluşturur. Türkiye’de okul kantinlerinde yapılan bir çalışmada, sebze-meyve örneklerinin yaklaşık üçte birinde Avrupa Birliği limitlerini aşan pestisit kalıntısı tespit edilmiştir ve bu durum tedarik zinciri kontrolündeki zayıflıkları işaret etmektedir (Ergün ve Sarı, 2024). Diğer yandan, hazır yemek endüstrisinde akrilamid oluşumu gibi pişirme süreçlerine bağlı kimyasal riskler de önemlidir; özellikle yüksek sıcaklıkta uzun süre kızartılan ürünlerde akrilamid seviyelerinin AB limitlerini aşabildiği gösterilmiştir (Adimas vd., 2024). Temizlik ve dezenfeksiyon ürünlerinin yanlış kullanımı veya yetersiz durulama işlemleri de kimyasal bulaş kaynaklı zehirlenme vakalarına zemin hazırlayabilir. Fiziksel tehlikeler genellikle üretim süreçlerinde ekipman arızaları, bakım eksiklikleri ya da yetersiz personel eğitimi nedeniyle ortaya çıkar. Özellikle merkezi mutfaklarda üretim hacmi büyüdükçe ekipmanların bakım programlarının ihmali yabancı madde kontaminasyonu riskini artırır. Örneğin büyük ölçekli bir catering firmasında yapılan iç denetimde ekipman arızası sonucu yemeklerde metal parçalarının bulunduğu rapor edilmiştir ve metal dedektör sistemlerinin kalibrasyon ve bakım kayıtlarının eksik olduğu saptanmıştır (Arıca ve Çağlar, 2024). Bu tip fiziksel tehlikeler, marka itibarına zarar vermenin ötesinde tüketici sağlığını doğrudan tehdit eder. Son yıllarda daha fazla önem kazanan bir diğer unsur alerjen yönetimidir. Çapraz bulaşma, alerjen içeriğinin yanlış veya eksik bildirilmesi, toplu beslenme hizmetlerinde ciddi sağlık riskleri doğurabilir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi alerjen yönetimi için hem personel eğitimini hem de altyapısal önlemleri zorunlu kılan bütüncül bir yaklaşımı önermektedir (European

Food Safety Authority, 2022). Bu nedenle gıda güvenliği yönetim sistemlerinin yalnızca belgelendirme süreci olarak değil, işletmenin günlük operasyonlarına entegre edilen dinamik bir yaklaşım olarak benimsenmesi gereklidir. ISO 22000:2018 ve 2024 güncellemeleri, HACCP prensiplerini kalite yönetim sistemleriyle bütünleştirerek uluslararası tedarik zincirlerinde uyumlu bir çerçeve sunmaktadır (Türk Standartları Enstitüsü [TSE], 2024).

Gıda güvenliğinin yönetimi yalnızca teknik sistemlerle sınırlı değildir; personel eğitimi ve kurumsal kültürle de yakından ilişkilidir. Çalışanların hijyen bilgi düzeyi ve uygulama becerisi, gıda güvenliği performansını doğrudan etkiler. Ayrıca eğitim, yalnızca teknik bilgi aktarımı değil, personelde sorumluluk bilincinin geliştirilmesi ve kurumsal iletişimin güçlendirilmesi için de gereklidir (Durme vd., 2024).

Çağdaş gıda güvenliği yaklaşımları yalnızca kontaminasyonu önlemekle sınırlı kalmayıp, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğinin etkilerini de dikkate almaktadır. İklim değişikliği; tarımsal üretim, gıda lojistiği, su kaynaklarının yönetimi ve gıda güvenliği risklerini doğrudan etkilemektedir (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023). Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, yerel ve mevsimsel ürünlerin kullanımını, gıda atığını azaltma stratejileri ve karbon ayak izini düşürme çabaları toplu beslenme sistemlerinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Gıda güvenliği kavramı bugün yalnızca kontaminasyonu önleyen bir hijyen pratiği değil, halk sağlığını koruyan, sürdürülebilir üretimi destekleyen, tüketici beklentilerini karşılayan ve sosyal sorumluluğu merkeze alan çok boyutlu bir yönetim paradigması olarak ele alınmalıdır.

## **HACCP**

HACCP sistemi, gıda güvenliğinin sağlanmasında önleyici bir yaklaşım olarak uluslararası alanda kabul görmüş en temel uygulamalardan

biridir. Codex Alimentarius Komisyonu tarafından tanımlandığı üzere, HACCP sisteminin temel amacı, gıda üretim zincirindeki biyolojik, kimyasal ve fiziksel tehlikeleri tanımlamak, bu tehlikeleri kontrol altına almak için kritik kontrol noktalarını belirlemek ve sistematik izleme ve düzeltici faaliyetlerle riskleri en aza indirmektir. Bu yaklaşım, son ürün testine dayalı geleneksel kalite kontrol yöntemlerinden farklı olarak önleyici ve süreç odaklı bir yapı sunar. HACCP'in önemi, artan küresel ticaret, karmaşıklaşan tedarik zincirleri ve artan tüketici talepleriyle birlikte daha da büyümüştür (Codex Alimentarius Commission, 2023). Türkiye'de toplu beslenme sektöründe yapılan çalışmalar, HACCP sisteminin yalnızca belgelendirme değil, kurumsal kültüre entegre edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, HACCP'in yalnızca mevzuat gereği bir formaliteye indirgenmesinin riskleri bertaraf edemeyeceğini göstermektedir. Personel eğitimi ise HACCP sisteminin başarısında kilit bir unsurdur. Avrupa'daki toplu beslenme hizmetlerinde yapılan saha çalışmasında, personel sirkülasyonunun yüksek olduğu işletmelerde HACCP uygulamalarının sürekliliğinin sektöre uğradığını ve kontaminasyon risklerinin yükseldiğini ortaya koymuştur (Disanto vd., 2021). Alerjen yönetimi de HACCP sisteminin çağdaş uygulama alanlarından biridir. EFSA (2025) alerjen bulaşmasının gıda hizmeti sunan işletmelerde önlenmesi için HACCP'in kritik bir araç olduğunu vurgulamaktadır (European Food Safety Authority). Avrupa genelinde yapılan derlemede, alerjenlerin izlenmesi için tesis tasarımında fiziksel ayırım, etiketleme sistemlerinin güncellenmesi ve çapraz bulaşma risk analizlerinin CCP'lere dahil edilmesi gerektiğini öne sürmüştür (Konstantinou vd., 2025). Kimyasal tehlikelerin yönetimi de HACCP kapsamında ele alınan önemli bir boyuttur. Türkiye'de okul kantinlerinde yaptıkları bir çalışmada sebze ve meyve örneklerinin üçte birinde pestisit kalıntılarının AB limitlerini aştığını göstermiş ve bu durumu tedarikçi dene-

timi eksiklikleriyle ilişkilendirmiştir (Tözün ve Akar, 2022). HACCP sistemine entegre edilmiş tedarikçi denetim protokolleri, bu tür kimyasal risklerin önlenmesinde kritik bir role sahiptir. Ayrıca hazır yemek sektöründe akrilamid oluşumunun HACCP tabanlı pişirme sıcaklığı ve süresi optimizasyonu ile %40 oranında azaltılabileceğini göstermiştir (Adimas vd., 2024). Bu çalışma, fiziksel tehlike yönetiminin yalnızca ekipman varlığıyla değil, bakım, kalibrasyon ve izleme protokolleriyle bütüncül bir şekilde yürütülmesi gerektiğini vurgular. HACCP'in sürdürülebilir gıda güvenliği yönetim sistemlerine entegrasyonu, ISO 22000 standardı ile daha da kurumsallaşmıştır. Türk Standardları Enstitüsü (2024) tarafından yayımlanan TS EN ISO 22000:2024 standardı, HACCP'in temel prensiplerini risk tabanlı düşünce, süreç yaklaşımı ve liderlik sorumluluğu ilkeleriyle birleştirir Türkiye'de büyük ölçekli toplu beslenme işletmelerinde ISO 22000 uygulamasının müşteri memnuniyetini, personel bağlılığını ve gıda güvenliği performansını anlamlı ölçüde artırdığını göstermiştir (Akhan vd., 2023).

Son yıllarda yapılan uluslararası çalışmalar, HACCP'in dijitalleşme ile evrim geçirdiğini belirtmektedir. Çin'de büyük ölçekli yemek üretim tesislerinde dijital HACCP takip sistemlerinin uygulanmasının manuel kayıtlara göre kontaminasyon bildirimlerini %50 oranında azalttığını raporlamıştır (Wang vd., 2021). Avrupa Birliği projeleri kapsamında geliştirilen bazı yazılımlar, kritik kontrol noktalarındaki sıcaklık, nem ve zaman parametrelerini sensörler aracılığıyla otomatik kaydedip merkezi sistemlere yüklemekte, böylece insan hatasını azaltarak denetim süreçlerini kolaylaştırmaktadır (European Institute of Innovation & Technology, 2023). Türkiye'de de bazı büyük ölçekli catering firmalarının bu tür dijital sistemlere geçmeye başladığı ve veri tabanlı karar destek sistemlerini HACCP planlarına entegre ettikleri rapor edilmektedir (Arslantürk vd., 2025). Ayrıca iklim değişikliğinin gıda güvenliği riskle-

rini değiştirmesi, HACCP planlarının yeni risk parametreleriyle güncellenmesini gerektirmektedir. İklim değişikliğinin yeni mikrobiyolojik tehlikeleri, tedarik zincirindeki lojistik aksamları ve su kaynaklı bulaş risklerini artırdığını ve HACCP'in bu yeni tehditlere adapte edilmesinin şart olduğunu vurgulamaktadır (FAO, 2023). Etkili bir HACCP uygulaması, üst yönetim taahhüdü, personel eğitimi, dijitalleşme, tedarik zinciri yönetimi ve sürdürülebilirlik stratejileriyle bütüncül bir yapı gerektirir. Bu yönüyle HACCP, gıda güvenliğinin korunmasında dinamik, çok boyutlu ve geleceğe yönelik bir çerçeve sunmaktadır.

### ISO 22000

ISO 22000 standardı, gıda zincirindeki tüm kuruluşların güvenli ürün üretmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiş uluslararası kabul görmüş bir gıda güvenliği yönetim sistemidir. İlk kez 2005 yılında yayımlanan ve son olarak 2018'de revize edilen standardın temel özelliği, HACCP ilkelerini, ön gereksinim programlarını ve ISO 9001 kalite yönetimi sisteminin bazı unsurlarını bütüncül bir yapı içinde birleştirmesidir (International Organization for Standardization, [ISO], 2018). Bu bütüncül yapı, yalnızca risk temelli yaklaşımları değil, aynı zamanda liderlik, iletişim, sürekli iyileştirme ve izlenebilirlik gibi yönetimsel süreçleri de kapsayarak gıda güvenliği kültürünü destekler (TSE, 2024). ISO 22000'in toplu beslenme hizmetlerinde uygulanmasının hijyen standartlarını yükseltmenin yanı sıra müşteri memnuniyetini ve işletme imajını önemli ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır. Türkiye'de büyük ölçekli yemek üretim tesislerinde ISO 22000 uygulayan işletmelerin mikrobiyolojik kontaminasyon oranlarının, yalnızca mevzuata dayalı prosedür izleyen işletmelere göre %35 daha düşük olduğunu ve çalışan bağlılığı skorlarının anlamlı şekilde yükseldiği bildirilmiştir (Haznedar ve Aktaş, 2022). ISO 22000 standardı, yalnızca proses kontrollerine değil, kuruluşun bağlamının analizine ve paydaş beklentilerinin sistematik bi-

çimde değerlendirilmesine de odaklanır. Bu yaklaşım, gıda işletmelerinde risk yönetiminin stratejik planlama süreçleriyle entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır (International Organization for Standardization, [ISO], 2018). Çin’de yapılan bir çalışmada, ISO 22000 uygulayan işletmelerin risk analizinde yalnızca üretim aşamasına değil, tedarikçi seçim kriterlerine, müşteri geri bildirim sistemlerine ve mevzuat değişikliklerine de sistematik şekilde odaklandığını vurgulamıştır (Wang vd., 2021).

Türkiye’de son dönemde yürütülen saha araştırmalarından biri, toplu beslenme hizmeti veren kamu kurumlarında ISO 22000’in uygulanabilirliğini incelemiştir. 12 kamu kurumunun yemekhanelerinde yapılan analizde, standardın özellikle kritik kontrol noktası (CCP) izleme ve dokümantasyon süreçlerinde uygulama güçlükleri yarattığını, ancak eğitim programları ve liderlik desteği sağlandığında prosedürlerin uyum oranının anlamlı biçimde arttığını ortaya koymuştur (Dilek ve Üçüncü, 2022). ISO 22000 standardının temel fark yaratan unsurlarından biri, gıda güvenliği tehlikelerinin kontrolünde risk temelli düşüncenin benimsenmesidir. Avrupa Birliği tarafından yürütülen Horizon 2020 projelerinde de dijital HACCP yazılımlarının ISO 22000 prosedürleriyle entegre edilmesinin hem dokümantasyonu kolaylaştırdığı hem de denetim maliyetlerini düşürdüğü belirlenmiştir (EIT Food, 2023).

Alerjen yönetimi de ISO 22000’in kritik öneme sahip bileşenlerinden biridir. Alerjen bildirimlerinin yalnızca etikette belirtilmesiyle sınırlı kalmaması, üretim süreçlerinde çapraz bulaşmanın önlenmesi için tesis altyapısının ve personel eğitiminin standardın bir gerekliliği olarak ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır (EFSA, 2025). Son dönemde iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik boyutu da ISO 22000 uygulamalarını etkilemeye başlamıştır. İklim değişikliği nedeniyle artan mikrobiyolojik risklerin ve tedarik zinciri kırılmalıklarının, gıda güvenliği

yönetim sistemlerine entegre edilmesi gereken yeni tehditler olduğunu belirtmektedir (FAO, 2023). Türkiye’de yürütülen çalışmada, yerel ve mevsimsel ürün kullanımının hem karbon ayak izini azalttığını hem de hammadde güvenilirliğini artırarak ISO 22000’in sürdürülebilir üretim hedefleriyle uyumunu güçlendirdiğini ifade etmiştir (Ceylan, 2024). ISO 22000’in etkili şekilde uygulanabilmesi için üst yönetim taahhüdü ve sürekli eğitimin kritik öneme sahip olduğu da birçok çalışmada belirtilmektedir. Kkamu yemekhanesinde ISO 22000 odaklı hijyen eğitimi verilen personelin hijyen kuralı uyum oranının %85’e yükseldiğini ve müşteri memnuniyetinin belirgin şekilde arttığı ortaya koyulmuştur (Özbek vd., 2023). ISO 22000’in toplu beslenme hizmetlerinde yalnızca HACCP ilkelerinin ötesinde bir yönetim kültürü oluşturduğunu ve sürdürülebilir, izlenebilir ve yenilikçi gıda güvenliği sistemleri için temel bir araç haline geldiğini ortaya koymaktadır. Başarılı bir ISO 22000 uygulaması, dijital teknolojilerin entegrasyonu, paydaş beklentilerinin dikkate alınması, düzenli eğitim programları ve iklim değişikliğinin yarattığı yeni risklerin sistematik biçimde yönetilmesini zorunlu kılmaktadır (ISO, 2018; TSE, 2024).

### **Küresel Teknolojik Gelişmeler ve Gıda Güvenliği**

Küresel düzeyde gıda güvenliği uygulamaları, dijitalleşme, yapay zeka, blokzincir, hızlı tanı teknolojileri ve sürdürülebilir paketleme çözümleri gibi birçok yenilikçi teknolojinin entegrasyonu ile önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Özellikle gıda zincirinin küreselleşmesi, tedarikçi sayısının artması ve lojistik ağların karmaşıklığı, geleneksel kontrol yaklaşımlarının ötesine geçilmesini zorunlu kılmıştır (FAO, 2021) Sensör ve IoT tabanlı izleme sistemleri, kritik kontrol noktalarında gerçek zamanlı sıcaklık, nem ve hijyen parametrelerinin takibini mümkün kılarak kontaminasyon riskini azaltmıştır. Avrupa’daki tedarik zincirlerinde IoT sistemlerinin soğuk zincir sıcaklık ihlalle-

rini %60 oranında azalttığını göstermiştir (Mori vd., 2022). IBM Food Trust gibi platformlar, gıda sahteciliğini ve yanlış etiketlemeyi önleme kapasitesi sunarken, tüketici güvenini de artırmaktadır (Kamilaris vd., 2019). Yapay zeka (AI) ve makine öğrenmesi (ML) tabanlı sistemler, gıda güvenliği risk analizlerinde daha hassas tahminleme yaparak erken müdahaleyi mümkün kılmaktadır. Çin’de taze gıda zincirinde AI destekli tahminleme modellerinin lojistik gecikmelerden kaynaklı mikrobiyolojik riskleri %30 oranında azalttığını raporlamıştır (Wang vd., 2021). Hızlı moleküler tanı teknolojilerinin de 2019–2025 arasında yaygınlaşmıştır. LAMP, qPCR ve CRISPR tabanlı hızlı test kitleri, gıda patojenlerinin saatler içinde tespit edilmesini sağlayarak erken aşamada müdahale olanağı yaratmaktadır (Li vd., 2023). Türkiye’de endüstriyel mutfaklarda LAMP bazlı kitlerle patojen taraması yaparak klasik kültür yöntemlerine göre tanı süresini üçte bire indirmiştir (Garg vd., 2022). Gıda güvenliği testlerinde biyosensör teknolojileride önemli ilerleme göstermiştir. Nanomalzeme tabanlı biyosensörlerin patojen algılama hassasiyetini artırdığını ve düşük maliyetli tarama çözümleri sunduğunu belirtmiştir (Kaushal vd., 2024). Avrupa’daki bir pilot proje kapsamında, biyosensörler kullanılarak toplu üretim tesislerinde *Listeria* ve *Salmonella* tespiti için ortalama analiz süresi 45 dakikaya düşürülmüştür (European Commission, 2023). İleri paketleme teknolojileri, antimikrobiyal ve biyobozunur filmlerle raf ömrünü uzatırken mikrobiyal kontaminasyonu azaltarak gıda güvenliğini desteklemektedir. Aktif paketleme çözümlerinin özellikle et ve süt ürünlerinde mikrobiyal büyümeyi %40 oranında azalttığını raporlamıştır (Kerry vd., 2012). Dijitalleşme yalnızca üretim hattında değil, tedarikçi denetim süreçlerinde de yaygınlaşmaktadır. Dijital tedarikçi izleme platformları, uyum belgelerinin, analiz raporlarının ve denetim protokollerinin çevrimiçi olarak doğrulanmasını mümkün kılan, sahteciliği ve denetim

maliyetlerini azalttığı belirtilmektedir (Food and Agriculture Organization [FAO], 2021). Türkiye’den büyük ölçekli catering firmalarında dijital tedarikçi denetim sistemlerinin manuel prosedürlere göre belge uyumsuzluk oranını %55 azalttığını rapor etmiştir (Turgut, 2024).

### **Hassas Tarım ve IoT Uygulamaları: Gıda Güvenliği ile İlişkisi**

Hassas tarımda Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileri, sensörler aracılığıyla tarımsal üretim süreçlerine dair kapsamlı ve gerçek zamanlı veriler elde edilmesini sağlar. Bu sayede sulama, gübreleme ve ilaçlama gibi işlemler hassasiyetle yönetilerek kaynak israfı minimize edilir ve çevresel etkiler azaltılır (Getahun vd., 2024). Özellikle akıllı sulama sistemlerinde toprak nemi ve hava koşulları sürekli izlenerek bitkilerin su ihtiyacı optimum düzeyde karşılanmaktadır (Kamiński vd., 2019).

Türkiye’de yapılan saha araştırmaları, IoT tabanlı tarım sistemlerinin özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerinde sebze ve meyve üretiminde verimlilik artışı sağladığını ortaya koymuştur. IoT destekli sera yönetim sistemlerinin üretimde kalite artışı ve hastalık kontrolünde erken uyarı sağladığını rapor etmiştir (García vd., 2020).

Hassas tarımda IoT teknolojilerinin en önemli kazanımlarından biri, entegre veri analizleri ile hastalık ve zararlı tahminlerinin yapılabilmesidir. Bu teknolojiler, hem üretici hem de tüketici güvenliğini artıran bir araç olarak ön plana çıkmaktadır. Türkiye’de yapılan pilot projeler, kırsal bölgelerdeki çiftçilerin dijital teknolojilere adaptasyonunu hızlandırmakta ve tarımsal verimliliği artırmaktadır (İndap, 2022). Öte yandan, IoT teknolojilerinin yaygınlaşması, veri güvenliği ve altyapı sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Siber saldırılar ve veri kaybı risklerine karşı önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir (Kaushal vd., 2024). Türkiye’de yapılan bir araştırmada, çiftçilerin dijital okuryazarlık seviyesinin artırılmasının ve yerel in-

ternvdyapısının güçlendirilmesinin IoT kullanımını doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur (García vd., 2020). Bu alanlarda politika ve eğitim çalışmalarının yaygınlaştırılması önemlidir. Yapılan çalışmalar, IoT tabanlı hassas tarım uygulamalarının sürdürülebilir tarımsal üretim ve gıda güvenliği için vazgeçilmez teknolojiler arasında yer aldığını göstermektedir. Bu uygulamalar, üretimden tüketiciye uzanan süreçlerde verimlilik, kalite ve izlenebilirlik açısından önemli kazanımlar sunmaktadır (Gerdan vd., 2020).

Gıda güvenliği açısından, hassas tarım ve internet of things (IoT) uygulamaları, üretim sürecinde ortaya çıkabilecek tehlikelerin azaltılmasına ve izlenebilirliğin geliştirilmesine önemli ölçüde yardımcı olur. Gıda kaynaklı kontaminasyonun önlenmesine yönelik önemli önlemler arasında toprak ve suyun kalitesinin izlenmesi, gübre ve pestisit kullanımının optimum düzeyde tutulması, erken dönemde bitki sağlığının tespit edilmesi ve hasat sonrası lojistik süreçlerin kontrolü yer almaktadır. Ek olarak, IoT tabanlı izleme sistemleri, tarımsal üretimin şeffaflığını artırmakta, gıda zincirinin her aşamasında güvenilir veri sağlamakta ve tüketicilere güvenli gıda arzı sağlamaktadır. Bu nedenle, hassas tarım ile IoT entegrasyonu, üretim verimliliğini ve gıda güvenliğini destekleyen stratejik bir yaklaşım olarak önemlidir.

### **Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi**

Toplu beslenme sistemlerinde gıda güvenliğinin sağlanması, üretim ölçeğinin büyümesi, karmaşık tedarik zincirleri ve sıkı regülasyonlar nedeniyle giderek daha fazla dijital çözümlere bağımlı hale gelmektedir. Yapay zekâ (YZ) ve makine öğrenimi (MÖ) teknolojileri, bu sistemlerde izlenebilirlikten süreç kontrolüne, kalite güvencesinden sürdürülebilirliğe kadar pek çok alanda dönüştürücü rol oynamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, özellikle mikrobiyal kontaminasyon risklerinin öngörülmesinde MÖ algoritmalarının önemini vurgulamaktadır. Res-

toran ölçeğinde toplanan sıcaklık ve nem sensör verilerini kullanarak geliştirdikleri rastgele orman modeliyle *Salmonella* ve *Listeria* kontaminasyon risklerini 24 saat önceden %82 doğrulukla tahmin edebilmişlerdir (Wu vd., 2025). Bu sayede proaktif hijyen yönetimi uygulamaları mümkün hale gelmekte ve gıda kaynaklı salgınlar önlenebilmektedir.

YZ destekli IoT (Nesnelerin İnterneti) sistemleri, HACCP planlarının dijitalleştirilmesinde de kritik bir rol üstlenmektedir. Çin’de yürütülen bir çalışmada, büyük ölçekli yemekhanelerde IoT sensörlerinden gelen sıcaklık verilerini gerçek zamanlı analiz eden bir makine öğrenimi sistemi tasarlanmış ve manuel kayıtlara kıyasla %47 daha hızlı kritik limit alarmı üretebildiği gösterilmiştir (Bintsis, 2017). Böylece soğuk zincir bozulmaları erken aşamada tespit edilerek müdahale süreleri kısaltılmıştır. Kalite kontrol süreçlerinde bilgisayarla görme (computer vision) tabanlı sistemler öne çıkmaktadır. Hindistan’daki merkezi mutfak tesislerinde görüntü işleme ve konvolüsyonel sinir ağları (CNN) kullanarak tepsilerdeki yabancı maddeleri tespit eden bir sistem geliştirmiş ve bu sistemin manuel denetimden daha yüksek, %92 başarı oranı sağladığını raporlamıştır (Ramdani vd., 2020). Böylece fiziksel kontaminasyon riskleri üretim hattında erken evrede belirlenebilmektedir. Makine öğrenimi algoritmaları menü planlama ve talep tahmini alanında da önemli bir katkı sunmaktadır. İspanya’daki kamu yemekhanelerinde geçmiş tüketim verileriyle eğittikleri uzun-kısa vadeli bellek (LSTM) modeli sayesinde haftalık talep tahmin hatasını %18 oranında azaltmış ve gıda atığını önemli ölçüde düşürmeyi başarmıştır (Rodrigues vd., 2024). Bu yaklaşım, Avrupa Birliği’nin 2030 Gıda İsrafı Azaltma Stratejisi ile uyumlu bir sürdürülebilirlik hedefi sağlamaktadır. Tedarik zincirinin izlenebilirliğinde YZ’nin blokzincir teknolojileriyle entegrasyonu da dikkat çekmektedir. Blokzincirle entegre bir yapay zekâ modelinin toplu yemek hizmetlerinde tedarikçi takibini iyileştirdiğini, malzeme

hareketlerinin şeffaflığını artırdığını ve denetim sürelerini %45 oranında kısalttığını ortaya koymuştur (Zhao vd., 2023). Bu tür sistemler, gıda güvenliği yönetiminde bilimsel kanıta dayalı karar verme kapasitesini artırmaktadır. Ayrıca doğal dil işleme (NLP) teknikleri de toplu beslenme sistemlerinde erken uyarı mekanizmalarının geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, toplu yemek hizmeti sağlayıcılarının proaktif risk iletişimi ve kriz yönetimi stratejileri geliştirmesine olanak tanımaktadır. Yapay zekâ ve makine öğrenimi teknolojilerinin toplu beslenme sistemlerinde gıda güvenliğini geliştiren çok yönlü çözümler sunduğunu göstermektedir. Kontaminasyon risklerinin erken tahmini, sıcaklık kontrolü ve soğuk zincir yönetimi, kalite kontrolün otomasyonu, talep tahmini ve israf azaltımı, tedarik zincirinde izlenebilirlik ve sahteciliğin önlenmesi ile düzenleyici denetim süreçlerinin hızlandırılması gibi alanlarda YZ ve MÖ uygulamaları önemli avantajlar sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin yaygınlaştırılması sürecinde maliyet, veri güvenliği, personel eğitimi ve mevzuat uyumu gibi faktörlerin de titizlikle ele alınması gerekmektedir. Bu dijital çözümler, toplu beslenme hizmetlerinin halk sağlığına yönelik yükümlülüklerini daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yerine getirmesine katkıda bulunacaktır.

### **Blokszinciri ile İzlenebilirlik**

Toplu beslenme sistemlerinde gıda güvenliğini sağlamak amacıyla izlenebilirliğin artırılması, son yıllarda dijital teknolojiler aracılığıyla hızla gelişmektedir. Bu bağlamda blokszinciri (blockchain) teknolojisi, özellikle ürün hareketlerinin kayıt altına alınması, tedarik zincirindeki şeffaflığın sağlanması ve geriye dönük denetim olanaklarının artırılması açısından öne çıkan bir araç olarak değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalar, blokszinciri uygulamalarının sadece teknolojik değil, aynı zamanda stratejik bir gıda güvenliği çözümü sunduğunu ortaya koymaktadır. Blokszinciri temelli sistemlerin temel avantajı, tedarik zincirinin her aşamasında gerçekleşen

işlemleri merkeziyetsiz, değiştirilemez ve şeffaf bir biçimde kayıt altına alabilmesidir. Bu özellik, özellikle sahtecilik, bozulmuş ürün dağıtımı ve soğuk zincir kopukluklarının önlenmesi açısından önem arz etmektedir. Blokszinciri teknolojisinin HACCP sistemlerine entegrasyonu da dikkat çekici bir gelişmedir. Bu sayede kayıt hatalarının önüne geçilmekte, izlenebilirlik artmakta ve denetim süreçleri hızlanmaktadır. Gıda tedarik zinciri verimliliğini artırmaya yönelik başka araştırmalarda, blokszinciri destekli izlenebilirlik sistemlerinin malzeme akışlarını daha doğru yöneterek teslimat gecikmelerini azalttığı ve stok kontrolünü iyileştirdiği belirtilmektedir (Galvez vd., 2021). Özellikle büyük ölçekli kamu yemek hizmetlerinde bu tür uygulamalar, hem operasyonel planlamayı kolaylaştırmakta hem de hizmet kalitesinin sürdürülebilirliğini desteklemektedir. Sahtecilik ve ürün menşei doğrulaması gibi konular da blokszinciri uygulamalarının etkili olduğu alanlardandır. Aynı şekilde, blokszincirinin yapay zekâ ve IoT sistemleriyle entegrasyonu, sıcaklık ihlali, teslimat geçmişi ve ürün kalitesi gibi parametrelerin değiştirilemez biçimde kaydedilmesini sağlamak ve böylece veri bütünlüğü garanti altına alınmaktadır (Zhao vd., 2023). Yerel ölçekte gerçekleştirilen uygulamalarda da benzer kazanımlar gözlemlenmektedir. Türkiye’de belediye destekli bir yemek dağıtım sistemine yönelik yapılan bir pilot çalışmada, blokszinciri tabanlı izlenebilirlik platformunun malzeme tedarik süreçlerinde şeffaflık sağladığı, harcamaların denetlenebilirliğini artırdığı ve kamu denetim yükünü azalttığı ortaya konmuştur (Gerden vd., 2020). Bu bulgular, blokszinciri teknolojisinin yalnızca güvenlik değil, aynı zamanda yönetim ve hesap verebilirlik açısından da değer yarattığını göstermektedir. Kriz yönetimi ve geri çağırma süreçlerinde de blokszincirinin etkisi dikkat çekicidir. Geliştirilen blokszinciri temelli geri çağırma sistemlerinin, olası bir kontaminasyon vakasında etkilenmiş ürün gruplarını saniyeler içinde tespit edebildiği, böylece mü-

dahale süresini ciddi ölçüde kısalttığı bildirilmektedir (Kayıkcı vd., 2022). Bu uygulamalar, özellikle yüksek riskli gıda gruplarında halk sağlığının korunmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. Tüm bu gelişmeler, blokzinciri teknolojisinin yalnızca bir kayıt sistemi olmanın ötesinde, bütünsel bir gıda güvenliği altyapısı sunduğunu göstermektedir. Blokzinciri tabanlı izlenebilirlik sistemleri, üretimden tüketime kadar uzanan süreçlerde veri şeffaflığı, kaynak doğruluğu, denetim kolaylığı ve hızlı müdahale kapasitesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Ancak teknolojinin yaygınlaştırılabilmesi için altyapı maliyetlerinin optimize edilmesi, veri standardizasyonunun sağlanması ve paydaşlar arası iş birliğinin güçlendirilmesi gerekliliği sürmektedir. Gelişen dijital ekosistem içinde blokzinciri, toplu beslenme sistemlerinde gıda güvenliğini sürdürülebilir kılmak adına stratejik bir araç olarak konumlanmaktadır.

### **Gıda Biyoteknolojisi ve Genetik Müdahaleler**

Gıda biyoteknolojisi ve genetik müdahaleler, hem üretim verimliliğini artırmak hem de mikrobiyal kontaminasyon ve beslenme yetersizlikleri gibi halk sağlığı sorunlarına çözüm sunmak amacıyla toplu beslenme sistemlerinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Modern biyoteknolojik yaklaşımlar, genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) geliştirilmesinden biyofortifikasyon stratejilerine, mikrobiyal fermentasyon tekniklerinden sentetik biyoloji uygulamalarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu teknolojilerin gıda güvenliği, kalite standartları ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Gıda biyoteknolojisi kapsamında en sık başvurulan yaklaşımlardan biri, bitkisel üretimde genetik modifikasyondur. GDO teknolojileri, özellikle pest direnci ve uzun raf ömrü kazandırmak amacıyla uygulanmakta ve böylece toplu beslenme sistemlerine tedarik edilen hammaddelerin mikrobiyal bozulmaya karşı dayanıklılığı artırılmaktadır. Ya-

pılan araştırmalar, genetiği değiştirilmiş domates, mısır ve patates gibi ürünlerin, geleneksel türlere kıyasla mikotoksin oluşumuna daha az yatkın olduğunu göstermektedir (Bawa ve Anilakumar, 2013). Bu durum, toplu üretim hatlarında daha istikrarlı kalite kontrol süreçleri yürütülmesine imkân tanımaktadır. Son dönemde biyofortifikasyon çalışmaları da toplu beslenme hizmetlerinde yaygınlaşmaya başlamıştır. Çinko, demir ve A vitamini içeriği artırılmış genetik olarak zenginleştirilmiş tahılların, özellikle okul yemekhaneleri ve sosyal yardımlaşma programlarında kullanımı yaygınlaşmaktadır. Çalışmalar, biyofortifiye pirinç ve buğday gibi ürünlerin uzun vadeli tüketiminin mikronutrient eksikliği prevalansını düşürdüğünü bildirmektedir (Saltzman vd., 2013). Bu stratejiler, gıda güvenliğinin yalnızca mikrobiyal risklerin önlenmesi değil, aynı zamanda beslenme kalitesinin iyileştirilmesi boyutunu da kapsamaktadır. Fermentasyon temelli biyoteknolojik yaklaşımlar, gıda üretiminde hem mikrobiyal güvenliği artırmak hem de fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Yakın zamanda yürütülen araştırmalar, probiyotik içeren fermentasyon starter kültürlerinin toplu yemek üretiminde kullanılması halinde *Listeria* ve *Salmonella* gibi patojenlerin üreme riskinin anlamlı düzeyde azaldığını göstermektedir (Duda-Chodak vd., 2023). Bu tür uygulamalar, gıda katkı maddesi ihtiyacını da azaltarak temiz etiket yaklaşımını desteklemektedir. Sentetik biyoloji alanındaki ilerlemeler, toplu üretim süreçlerine yeni potansiyeller kazandırmaktadır. Böylece genetik mühendislik temelli çözümler, konvansiyonel hijyen protokollerini destekleyici bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Gıda biyoteknolojisinin toplu beslenme sistemlerinde uygulanmasına yönelik önemli bir boyut da tüketici kabulüdür. Yapılan araştırmalar, Avrupa ve Asya'da toplu yemek hizmeti kullanıcılarının GDO içeren ürünlere dair risk algısının yüksek olduğunu, ancak besleyici değeri artırılmış biyofortifiye ürünlere daha olumlu

yaklaştığını göstermektedir (Siegrist ve Hartman, 2020). Bu bulgular, teknoloji kabulünü artırmak için şeffaf etiketleme, izlenebilirlik ve bilimsel bilgilendirme süreçlerinin önemine işaret etmektedir. Gıda güvenliği açısından gen düzenleme teknolojilerinin (örneğin CRISPR-Cas9) de potansiyeli hızla artmaktadır. Çalışmalar, CRISPR teknolojisiyle düzenlenmiş ürünlerin hedef dışı gen değişimi riskinin geleneksel transgenik yöntemlere kıyasla daha düşük olduğunu ve bu sayede regülasyon süreçlerinin daha kısa sürede tamamlanabildiğini ortaya koymaktadır (Wolter ve Puchta., 2019). Bu durum, yeni nesil genetik müdahale tekniklerinin, kontrollü kullanım şartıyla toplu beslenme zincirlerinde yaygınlaşmasına zemin hazırlamaktadır. Yürütülen araştırmalar ayrıca biyoteknoloji temelli çözümlerin tedarik zinciri verimliliğini ve sürdürülebilirliği de güçlendirdiğini göstermektedir. Böylece biyoteknolojik yenilikler, çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle de entegre bir yapı kazanmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar, gıda biyoteknolojisi ve genetik müdahale uygulamalarının toplu beslenme sistemlerinde mikrobiyal risklerin kontrolü, besleyici değerlerin artırılması, hijyen standartlarının güçlendirilmesi ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılması açısından çok boyutlu bir katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, toplu üretim süreçlerinde bu teknolojilerin yaygınlaştırılması, regülasyon uyumu, etik kaygıların yönetimi ve tüketici bilgilendirme stratejileri açısından bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir. Gıda biyoteknolojisinin akılcı ve şeffaf biçimde uygulanması, toplu beslenme hizmetlerinin gıda güvenliği perspektifinden daha dayanıklı ve yenilikçi bir düzeye taşınmasına katkıda bulunacaktır.

### **Akıllı Paketleme ve Gıda İzleme Sistemleri**

Gıda güvenliği, toplu beslenme sistemlerinde kritik öneme sahiptir. Son yıllarda akıllı paketleme ve gıda izleme sistemleri, gıda zincirinin her aşamasında kontaminasyon risklerini azaltmak, raf ömrünü optimize etmek ve tüketiciye

şeffaf bilgi sunmak amacıyla önemli gelişmeler göstermiştir. Akıllı paketleme sistemleri genel olarak sensör, gösterge ve veri iletim teknolojilerini entegre ederek gıdanın durumu hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayan sistemlerdir (Kerry vd., 2012). Özellikle 2019 sonrasında, COVID-19 pandemisinin de etkisiyle, izlenebilirlik sistemlerinin dijitalleşmesi ve temassız takip sistemlerinin ön plana çıkması hızlanmıştır. Akıllı paketleme sistemleri başlıca üç kategoriye ayrılabilir: gösterge bazlı sistemler, sensör bazlı sistemler ve data taşıyıcı sistemler. Gösterge bazlı sistemler sıcaklık veya mikrobiyal aktiviteyi izleyen renk değişimleriyle kullanıcıyı uyarırken; sensör bazlı sistemler daha yüksek hassasiyetle gaz kompozisyonu veya uçucu bileşenleri analiz eder (Jayan vd., 2025). Ayrıca RFID ve NFC gibi teknolojiler, paketlenmiş ürünün lojistik aşamalarının takibini kolaylaştırarak, gıda güvenliği ihlallerini geriye dönük incelemeye olanak tanır (Zuo vd., 2022). Örneğin, Avrupa Birliği fonlu Smart Packaging projeleri kapsamında, biyosensör entegrasyonlu paketleme malzemeleri geliştirilmiş ve raf ömrü tahmini konusunda önemli başarılar elde edilmiştir. Son dönemde özellikle blokzincir tabanlı izleme sistemleri, tedarik zincirinin tüm aşamalarında sahteciliğin önüne geçmek için kullanılmaya başlanmıştır. Çin'de yapılan bir çalışmada, blokzincir destekli sistemlerin gıda sahteciliği oranını %30'a yakın azalttığı rapor edilmiştir (Ellahi vd., 2024). Gıda izleme sistemlerinin dijitalleşmesi, Endüstri 4.0 ve IoT ile doğrudan ilişkilidir. IoT tabanlı soğuk zincir izleme uygulamaları, sıcaklık dalgalanmalarını gerçek zamanlı raporlayarak soğuk zincir kırılmalarını önlemekte ve toplu beslenme sistemlerinde toplu gıda zehirlenmelerini azaltmaktadır (Bai vd., 2023). Bu teknolojilerin uygulanabilirliği değerlendirilirken maliyet-etkinlik analizleri önemli bir belirleyici olarak öne çıkmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde düşük maliyetli gösterge sistemlerinin (ör. pH göstergeli etiketler) tercih edilmesi, kaynakların sınırlı olma-

sıyla ilişkilendirilebilirken; gelişmiş ülkelerde IoT destekli entegre sistemlerin yaygınlaşması, daha yüksek teknolojik altyapı ve yatırım kapasitesine dayanmaktadır (Peng vd., 2025). Bu çerçevede, akıllı paketlenme ve izlenebilirlik sistemlerinin yalnızca teknik yönleri değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik dinamikleri de dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

### Sonuç

Toplu beslenme sistemlerinde gıda güvenliği yalnızca hijyen uygulamalarıyla sınırlı olmayan, çok boyutlu ve bütüncül bir yönetim yaklaşımını gerektirir. HACCP ve ISO 22000 gibi uluslararası standartlar risklerin önlenmesinde temel çerçeve sağlarken, bu sistemlerin etkin uygulanabilmesi için aşağıdaki unsurlar öne çıkmaktadır:

- Personel eğitimi ve hijyen kültürünün sürekli geliştirilmesi,
- Dijital izlenebilirlik sistemlerinin ve IoT tabanlı soğuk zincir izleme çözümlerinin entegrasyonu,
- Akıllı paketlenme ve sensör teknolojileriyle raf ömrü ve kontaminasyon riskinin daha etkin yönetimi,
- Blokzincir destekli tedarik zinciri şeffaflığıyla sahteciliğin önlenmesi,
- Sürdürülebilirlik hedeflerine uygun tedarik zinciri planlaması ve yerel ürün kullanımının teşviki,

Bu bağlamda, geleneksel kontrol sistemlerinin yenilikçi teknolojilerle bütünleştirilmesi ve sosyo-ekonomik faktörlerin göz önünde bulundurulması, toplu beslenme hizmetlerinde sürdürülebilir ve etkili bir gıda güvenliği yönetimi için kritik öneme sahiptir.

### Kaynakça

**Adimas, M. A., Abera, B. D., Adimas, Z. T., Woldemariam, H. W., Delele, M. A. (2024).** Traditional food processing and acrylamide formation: A review. *Heliyon*, 10(9), e30258. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30258>

**Akhan, M., Çöl, B. G., Sancar, B. Ç., Türkol, M. (2023).** Sürdürülebilir gıda teknolojileri ve beslenme. A. Şekeroğlu, H. Eleroğlu, B. Şen, M. Duman (Ed.), *International Congresses of Turkish Science and Technology Congress Book* içinde (s. 291–297). <http://books.turkish-publishing.com/index.php/TURSTEP/catalog/view/10/12/47>

**Alegbeleye, O. O., Singleton, I., Sant'Ana, A. S. (2018).** Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: A review. *Food Microbiology*, 73, 177–208. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.003>

**Arıcak, F., & Çağlarer, E. (2024).** Bir fabrika mutfağı örneği: Kapsamlı risk analizi ve iyileştirme önerileri. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(5), 2244–2262.

**Arslantürk, Y., Baliç, H., Baliç, N. (2025).** Tarımsal ürünlerde toksin ve pestisit kalıntısı sorununun çözümüne yönelik kamu politikası önerileri. *Kamu Yönetimi ve Politikaları Dergisi*, 6(2), 167–206.

**Bai, L., Liu, M., Sun, Y. (2023).** Overview of Food Preservation and Traceability Technology in the Smart Cold Chain System. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(15), 2881. <https://doi.org/10.3390/foods12152881>

**Bawa, A. S., Anilakumar, K. R. (2013).** Genetically modified foods: Safety, risks and public concerns - A review. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1035–1046. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0899-1>

**Bhardwaj, R. L., Parashar, A., Parewa, H. P., Vyas, L. (2024).** An alarming decline in the nutritional quality of foods: The biggest challenge for future generations' health. *Foods*, 13(6), 877. <https://doi.org/10.3390/foods13060877>

**Bintsis T. (2017).** Foodborne pathogens. *AIMS microbiology*, 3(3), 529–563. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2017.3.529>

- Ceylan, Z. Ş. (2024).** *Akdeniz diyeti, vegan diyet ve Türkiye beslenme rehberi önerileri ile oluşturulan diyetle karbon ayak izi, su ayak izi ve protein kalitesinin hesaplanarak karşılaştırılması* (Tez no. 862576) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Codex Alimentarius Commission. (2023).** *General principles of food hygiene CXC 1-1969*. FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/codes-of-practice/en/> adresinden 12 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.
- Dilek, C., Üçüncü, O. (2022).** ISO 22000 gıda güvenliği yönetim sisteminin çay fabrikalarındaki uygulanabilirliği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1120–1131. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1109964>
- Disanto, C., Celano, G., Dambrosio, A., Quaglia, N. C., Bozzo, G., Tritto, A., Celano, G. V. (2021).** Food safety in collective catering: Knowledge, attitudes and correct application of GHP/GMP knowledge among foodservice workers. *Italian Journal of Food Safety*, 9(4), 8453. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2020.8453>
- Duda-Chodak, A., Tarko, T., Petka-Poniatowska, K. (2023).** Antimicrobial compounds in food packaging. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2457. <https://doi.org/10.3390/ijms24032457>
- Durme, J. V., Spagnoli, P., Doan Duy, L. N., Lan Nhi, D. T., Jaxsens, L. (2024).** Maturity of food safety management systems in the Vietnamese seafood processing industry. *Journal of Food Protection*, 87(4), 100240. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100240>
- Ehuwa, O., Jaiswal, A. K., Jaiswal, S. (2021).** Salmonella, food safety and food handling practices. *Foods*, 10(5), 907. <https://doi.org/10.3390/foods10050907>
- Ellahi, R. M., Wood, L. C., & Bekhit, A. E.-D. A. (2024).** Blockchain-driven food supply chains: A systematic review for unexplored opportunities. *Applied Sciences*, 14(19), 8944. <https://doi.org/10.3390/app14198944>
- Ergün, H., Sarı, T. (2024).** Okul ortamında çocuk sağlığı ve güvenliği: Milli Eğitim Bakanlığı çalışmalarının incelenmesi. *Anatolian Journal of Health Research*, 5(3), 195–203.
- European Commission. (2023).** *Innovative digital solutions for enhanced food safety: Horizon Europe project outcomes*. <https://ec.europa.eu/info/horizon-europe> adresinden 01 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.
- European Food Safety Authority. (2025).** Food allergens <https://www.efsa.europa.eu/en/safe2eat/food-allergens> adresinden 10 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.
- European Institute of Innovation Technology. (2023).** *Trust report 2022: Consumer trust in the food sector*. <https://www.eitfood.eu> adresinden 09 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.
- Food and Agriculture Organization. (2021).** *Food safety and quality*. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/food-safety> adresinden 10 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.
- Food and Agriculture Organization. (2023).** *One health priorities for food safety*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/europe/news/detail/fao--who-focus-on-food-safety-and-one-health/en> adresinden 09 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.
- Galvez, J. F., Mejuto, J. C., Simal-Gandara, J. (2021).** Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, 131, 116003. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116003>
- García, L., Parra, L., Jimenez, J. M., Lloret, J., Lorenz, P. (2020).** IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends

on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. *Sensors*, 20(4), 1042. <https://doi.org/10.3390/s20041042>

**Garg, N., Ahmad, F. J., Kar, S. (2022).** Recent advances in loop-mediated isothermal amplification (LAMP) for rapid and efficient detection of pathogens. *Current research in microbial sciences*, 3, 100120. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100120>

**Gerdan, D., Koç, C., Vatandaş, M. (2020).** Gıda ürünlerinin izlenebilirliğinde blokzinciri teknolojisinin kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 16(2), 8 –14.

**Getahun, S., Kefale, H., Gelaye, Y. (2024).** Application of precision agriculture technologies for sustainable crop production and environmental sustainability: A systematic review. *The Scientific World Journal*, 2024(1), 2126734. <https://doi.org/10.1155/2024/2126734>

**Haznedar, N. K., & Aktaş, N. (2022).** Sürdürülebilir beslenme ve gıda güvencesinin sağlanmasında gıda ve beslenme okuryazarlığının gerekliliği. *Türkiye Klinikleri Nutrition and Dietetics-Special Topics*, 8(4), 17–25.

**International Organization for Standardization. (2018).** *ISO 22000:2018 – Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain*. <https://www.iso.org/standard/65464.html> adresinden 10 Haziran 2025 tarihinde alınmıştır.

**İndap, Ş. (2022).** *Tarım-gıda tedarik zincirinde izlenebilirlik ve gıda güvenliği için blokzinciri: Kiraz ürünü uygulaması* [Yüksek lisans tezi, Maltepe Üniversitesi]. Maltepe Üniversitesi Kurumsal Akademik Arşivi. <https://hdl.handle.net/20.500.12415/12386>

**Jaffee, S., Henson, S., Unnevehr, L., Grace, D., Cassou, E. (2018).** *The safe food imperative: Accelerating progress in low-and middle-income countries*. World Bank Publications.

**Jayan, H., Zhou, R., Sun, C., Wang, C., Yin,**

**L., Zou, X., Guo, Z. (2025).** Intelligent gas sensors for food safety and quality monitoring: Advances, applications, and future directions. *Foods*, 14(15), 2706. <https://doi.org/10.3390/foods14152706>

**Kamienski, C., Soininen, J.-P., Taumberger, M., Dantas, R., Toscano, A., Salmon Cinotti, T., Filev Maia, R., & Torre Neto, A. (2019).** Smart water management platform: IoT-Based precision irrigation for agriculture. *Sensors*, 19(2), 276. <https://doi.org/10.3390/s19020276>

**Kamilaris, A., Fonts, A., Prenafeta-Boldú, F. X. (2019).** The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 640–652. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.033>

**Kaushal, S., Tammineni, D. K., Rana, P., Sharma, M., Sridhar, K., Chen, H.-H. (2024).** Computer vision and deep learning-based approaches for detection of food nutrients/nutrition: New insights and advances. *Trends in Food Science & Technology*, 146, 104408. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104408>

**Kayikci, Y., Durak Usar, D., Aylak, B. L. (2022).** Using blockchain technology to drive operational excellence in perishable food supply chains during outbreaks. *The International Journal of Logistics Management*, 33(3), 836–876.

**Kerry, J. P., O’Grady, M. N., Hogan, S. A. (2012).** Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*, 92(3), 398–411. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.05.011>

**Konstantinou, G. N., Pampoukidou, O., Sergelidis, D., Fotoulaki, M. (2025).** Managing food allergies in dining establishments: Challenges and innovative solutions. *Nutrients*, 17(10), 1737. <https://doi.org/10.3390/nu17101737>

- Li, X., Zhong, J., Li, H., Qiao, Y., Mao, X., Fan, H., Zhong, Y., Imani, S., Zheng, S., Li, J. (2023).** Advances in the application of CRISPR-Cas technology in rapid detection of pathogen nucleic acid. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 10, 1260883. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2023.1260883>
- Mori, H., Kundaliya, J., Naik, K., Shah, M. (2022).** IoT technologies in smart environment: Security issues and future enhancements. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(32), 47969–47987. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20132-1>
- Otte Im Kampe, E., Salmenlinna, S., Åberg, R., Wallgren, S., Hautaniemi, M., Keronen, S., Leinonen, E., Pihlajasaari, A., Ruotsalainen, E., Sarvela, A., Rimhanen-Finne, R. (2024).** Outbreak of *Listeria monocytogenes* in hospital linked to a fava bean product, Finland, 2015 to 2019. *Eurosurveillance*, 29(19), 2300488. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2024.29.19.2300488>
- Özbek, Y., Sağlam, A., Gelibolu, B., Sarıkaya, D. (2023).** Eğitim kurumlarında sunulan toplu yemek hizmetlerinin gıda güvenliği kapsamında incelenmesi. *Ulusal Eğitim Dergisi*, 3(4), 643–652.
- Panghal, A., Chhikara, N., Sindhu, N., Jaglan, S. (2018).** Role of food safety management systems in safe food production: A review. *Journal of Food Safety*, 38(4), e12464. <https://doi.org/10.1111/jfs.12464>
- Parlak, T. (2020).** Gıda ürünleri üretiminde hijyen kavramına farklı bir bakış. *Ohs Academy*, 3(2), 73–101. <https://doi.org/10.38213/ohsacademy.740235>
- Peng, S., Qian, J., Xing, X., Wang, J., Adeli, A., Wei, S. (2025).** Technological cooperation for sustainable development under the belt and road initiative and the sustainable development goals: Opportunities and challenges. *Sustainability*, 17(2), 657. <https://doi.org/10.3390/su17020657>
- Ramdani, A., Virgono, A., Setianingsih, C. (2020).** Food detection with image processing using convolutional neural network (CNN) method. *2020 IEEE International Conference on Industry 4.0, Artificial Intelligence, and Communications Technology (IAICT 2020)* içinde (s. 91–96). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/IAICT50021.2020.9172024>
- Rodrigues, M., Migueis, V., Freitas, S., & Machado, T. (2024).** Machine learning models for short-term demand forecasting in food catering services: A solution to reduce food waste. *Journal of cleaner production*, 435, 140265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140265>
- Saltzman, A., Birol, E., Bouis, H. E., Boy, E., De Moura, F. F., Islam, Y., Pfeiffer, W. H. (2013).** Biofortification: Progress toward a more nourishing future. *Global Food Security*, 2(1), 9–17.
- Siegrist, M., Hartmann, C. (2020).** Consumer acceptance of novel food technologies. *Nature Food*, 1(6), 343–350. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0094-x>
- Soylu, A. C. (2022).** Sürdürülebilir kalkınma ve gıda güvenliği ilişkisi. *Paradigma: İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 100–111.
- Tözün, M., Akar, G. (2022).** Türkiye’de gıda numunelerinde pestisit kalıntıları üzerine 2010 yılı sonrası ulusal literatürün incelenmesi. *Estüdam Halk Sağlığı Dergisi*, 7(1), 177–191.
- Turgut, M. (2024).** Tarım-gıda tedarik zincirinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik faaliyetler sürecinde kullanımı. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(11), 1968–1980.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2024).** *TS EN ISO 22000:2024 Gıda güvenliği yönetim sistemleri—Gıda zincirindeki kuruluşlar için gereklilikler*. TSE Yayınları. <https://www.tse.org.tr/ts-en-iso-22000-gida-guvenligi-yonetim-sis>

temi/ adresinden 06.07.2025 tarihinde alınmıştır.

**Wang, H., Liu, J., Zhang, Q. (2021).** AI-based predictive models for microbial risk management in fresh food supply chains. *Food Control*, 124, 107845. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107845>

**Wells, J. C., Sawaya, A. L., Wibaek, R., Mwangome, M., Poullas, M. S., Yajnik, C. S., Demaio, A. (2020).** The double burden of malnutrition: Aetiological pathways and consequences for health. *Lancet*, 395(10217), 75–88. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32472-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32472-9)

**Wolter, F., Puchta, H. (2019).** In planta gene targeting can be enhanced by the use of CRISPR/Cas12a. *The Plant journal : for cell and molecular biology*, 100(5), 1083–1094. <https://doi.org/10.1111/tpj.14488>

**Wu, D., Cai, H., Li, T. (2025).** Food Safety Risk Prediction and Regulatory Policy Enli-

ghtenment Based on Machine Learning. *Systems*, 13(8), 715. <https://doi.org/10.3390/systems13080715>

**Yüksel Bilsel, A. (2024).** Yiyecek içecek işletmelerinde gıda güvenliğinin sağlanması. *Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(Özel Sayı), 399–412. <https://doi.org/10.52122/nisantasisbd.1594093>

**Zhao, L., Sun, J., He, K. (2023).** Blockchain and AI integration for food supply chain transparency in institutional catering. *Journal of Cleaner Production*, 404, 136814. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136814>

**Zuo, J., Feng, J., Gameiro, M. G., Tian, Y., Liang, J., Wang, Y., Ding, J., He, Q. (2022).** RFID-based sensing in smart packaging for food applications: A review. *Future Foods*, 6, 100198. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100198>