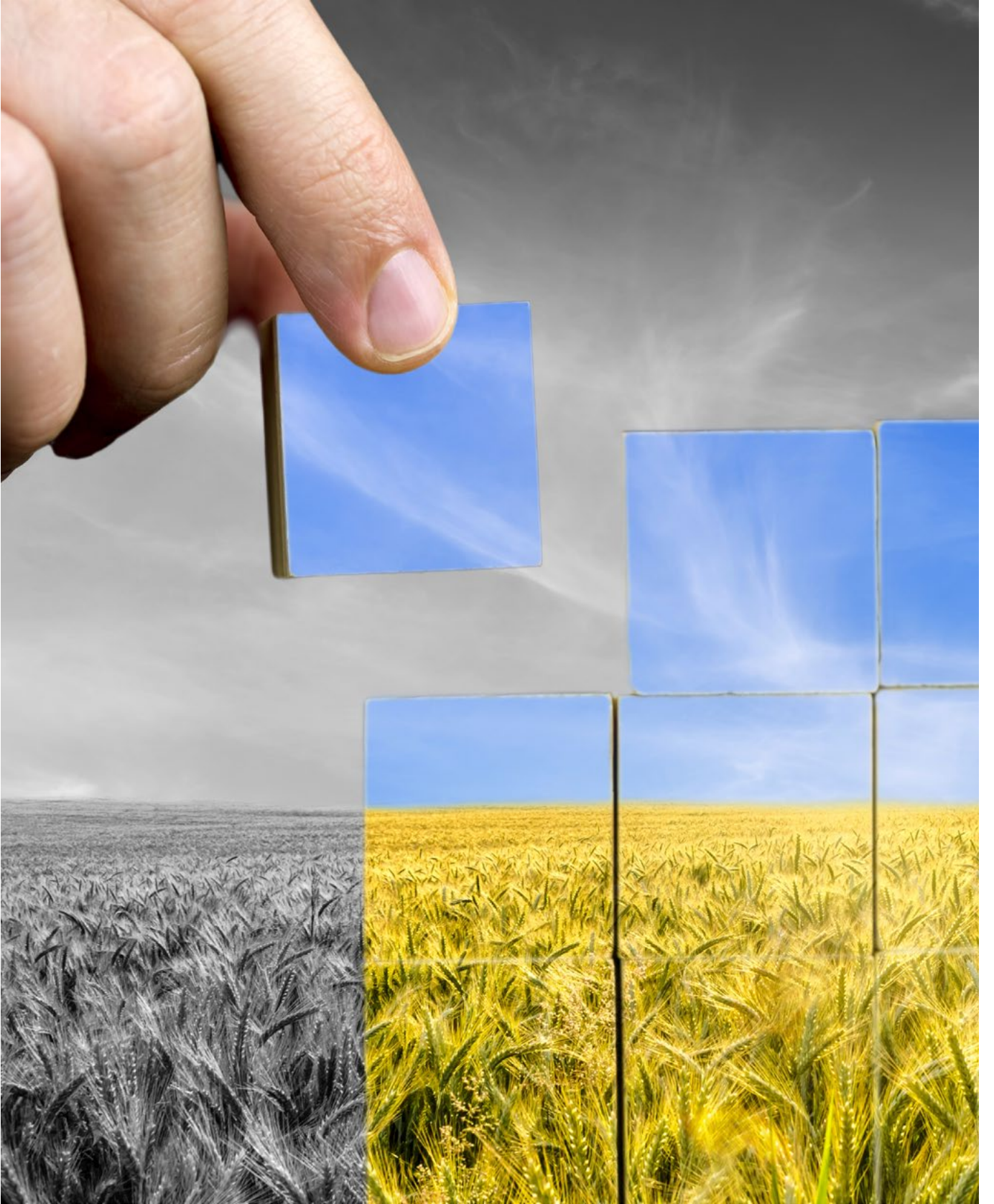




## GIDA ÜRETİMİ VE DAĞITIMINDA OTOMASYON





İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.

 STM ThinkTech

## 1. GİRİŞ

Gıda insanlık tarihinin her aşamasında su ve havayla birlikte yaşamsal ihtiyaçların başında gelmiştir. Dünya üzerinde yaşayan canlılar arttıkça daha fazla gıdaya ihtiyaç duyulmuş ve her geçen gün de ihtiyaç duyulmaya devam edecektir. Kâşiflerin ve bilim insanlarının gıda üretimi ve dağıtım aşamalarında yaptıkları keşifler gıda endüstrisini günümüzdeki şekline getirmiştir.

Dünyanın doğal kaynakları hızla azalmaktadır. İklim değişikliği, tarım arazilerinin küçülmesi ve dengesiz pazar hareketleri küresel gıda sistemini güvensizleştirmektedir. Kaybedilen güvenin geri kazanılması için yapılan araştırmalar gıdada teknolojik dönüşüm ihtiyacını ortaya koymuştur. Gıda endüstrisinde dijital dönüşüm, tarihin her aşamasında olduğu gibi yeni bir devrim yaratma potansiyelindedir<sup>[1]</sup>.

Yeni dijital çağda birbiriyle bağlantısı güçlenen sistemler ve sektörler hızla evrilirken gıda endüstrisi her geçen gün artan beslenme taleplerini daha hızlı ve verimli şekilde karşılamanın yollarını aramaktadır. Bu yollardan biri de otomasyon olarak karşımıza çıkmaktadır<sup>[2]</sup>.

Otomasyon, insan müdahalesinin en aza indirildiği teknolojik uygulamalar için kullanılan bir terimdir. Bu tanıma iş süreci otomasyonu, bilgi teknolojileri otomasyonu ve ev otomasyonu gibi kişisel uygulamaların da dahil olduğu birçok süreç girebilmektedir.

Otomasyonun dört temel çeşidi bulunmaktadır. Bunlar;

- **Temel Otomasyon:** Basit ve ilkel görevlerin alınarak bunları otomatikleştiren süreçlere verilen tanımlamadır. İş süreci yönetimi ve robotik süreç otomasyonu temel otomasyon türleridir.
- **Süreç Otomasyonu:** Süreç otomasyonu, iş süreçlerini sadelik ve şeffaflık yaratmak için yönetir. Bu yönetim genellikle özel yazılımlar ve iş uygulamaları tarafından gerçekleştirilir. Süreç madenciliği ve iş akışı otomasyonu süreç otomasyonu türleridir.
- **Entegrasyon Otomasyonu:** Bu otomasyon türünde makineler insan görevlerini taklit edebilmektedir. Ayrıca insanlar makine kurallarını tanımladıktan sonra eylemler makinelerce otomatik olarak yerine getirilmeye başlanmaktadır.
- **Yapay Zekâ Otomasyonu:** En karmaşık otomasyon düzeyi, yapay zekâ (Artificial Intelligence -AI) otomasyonudur. Yapay zekânın süreçlere eklenmesi, makinelerin artık öğrenebileceği, karşılaştıkları ve analiz ettikleri geçmiş durumlara dayanarak kararlar alabileceği anlamına gelmektedir<sup>[3]</sup>.

Analizimizde, gıda üretiminde ve tedarikinde otomasyonun gelişimi incelenerek bu teknolojiyi destekleyen yeni trendler ele alınacak, ayrıca gıda sektöründe otomasyonun sağladığı avantaj ve dezavantajlar incelenerek otomasyon sistemlerinin geleceği konusunda kapsamlı bir değerlendirme ortaya konulacaktır.

## 2. GIDA ÜRETİMİ VE TEDARİKİ

Tarih boyunca insanlık yiyeceğini vahşi doğadan veya avlanarak temin etmiştir. Büyük hayvanları alt etmek için zaman zaman takımlar hâlinde çalışılması gerekliliği insanlığın yiyecek konusunda ilk toplu hareket etme eylemlerinden biridir. Avcı-toplayıcı modeli yaşam süren insanların nüfusu arttıkça bu yöntem yetersiz kalmaya başlamış ve besin değeri yüksek daha fazla yiyecek üretmenin yolları aranmıştır.

Bilim insanlarına göre, bu arayışın sonucunda ilk tarımsal faaliyetler M.Ö. 11000 yılı civarında Ortadoğu'da ortaya çıkmıştır. Bu dönemde Ortadoğu'da buğday, arpa ve mısır gevreğinin yanı sıra mercimek, bezelye, nohut gibi tahıllar ve bazı sebzeler de yetiştirilmiştir. Ayrıca hayvancılığın da yapılması, gübre üretimi ve tarım ürünlerinin zenginleştirilmesine imkân vermiştir.

Tarımsal çalışmalar dünyanın çeşitli yerlerinde yaygınlaşırken denizciliğin gelişmesi farklı kültürlerin tarım alışkanlıklarının paylaşılmasını ve gıda üretiminin daha da zenginleşmesini sağlamıştır. Teknolojik çalışmalar zamanla daha kolay tarımsal uygulamaların ortaya çıkması, fabrikalarda gıdaların işlenmesi ve paketlenmesi gibi gelişmelerin yaşanmasını sağlarken, gıda üretimi ve dağıtımını her dönemde önemli bir endüstriyel alan olmuştur. Günümüzün artan gıda talebi geleneksel üretimlerin yetersiz kalmasına ve otomasyon gibi endüstriyel faaliyetleri güçlendiren ve hızlandıran yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur<sup>[4]</sup>.

Kısaca değerlendirmek gerekirse, insanlık tarihinde nüfusun artışı gıdaya erişim imkânı ve salgın hastalıklarla sınırlanmaktadır. Artan nüfusu beslemek için gereken gıdanın temini zorlaştıkça açlık gibi zorluklar kalabalık topluluklarda hastalıkların ortaya çıkmasını kolaylaştırmakta ve devamında salgın hastalıklara neden olabilmektedir. Gıda ihtiyacını karşılamak için kullanılan teknolojiler zaman zaman başka hastalıklara da neden olabilmektedir. Bu nedenle geleneksellikten uzaklaşmadan gıda üretimini hızlandırmanın yolları aranmaktadır<sup>[5]</sup>.

Dünyanın yeni bir gıda sistemine ihtiyacı vardır. Obezite veya açlık kaynaklı çok çeşitli hastalıklarla mücadele ederek daha sağlıklı bir toplumun oluşması için verimliliği yüksek ama çevre dostu, sürdürülebilir gıda üretim ve dağıtım sistemleri oluşturulması gerekmektedir<sup>[6]</sup>.

Küresel açlık ile salgın hastalık ilişkisi geçmişte olduğu gibi günümüzde de etkilerini göstermektedir. 2014 yılından sonra artan küresel açlık durumunu, ortaya çıkan COVID-19 pandemisi daha da artırmıştır. Küresel olarak üç milyar insan sağlıklı bir öğüne ulaşamazken, iki milyar insanın ise ciddi beslenme sorunları yaşadığı bilinmektedir. Pandeminin yarattığı endişe ile insanların gıda stoku yapması veya evde çalışma sistemleriyle daha fazla gıda tüketimine yönelmesi günümüz gıda sistemlerinin ciddi değişikliklere ihtiyacı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu süreçte gıda endüstrisine en büyük katkıyı yapacak teknolojilerden biri otomasyon olarak öne çıkmaktadır<sup>[7]</sup>.

## 3. GIDA ÜRETİMİ VE TEDARİKİNDE OTOMASYON

Günümüzde otomasyon sistemlerinin en önemli teknoloji kaynağını, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (Industrial Internet of Things -IIoT) ve Dördüncü Sanayi Devrimi oluşturmaktadır. Üreticilerin ve tedarikçilerin taleplerini daha da hızlı karşılamalarına imkân veren otomasyon sistemleri özellikle küresel ölçekte artan gıda talebini karşılamak için önemli bir fırsat yaratmaktadır.

Otomasyon aynı zamanda ürünlerde standardizasyonu ve ekonomik çözümleri de artırmaktadır. Ancak otomasyon süreçlerinde yaşanan en büyük zorluk geçiş aşamasında ihtiyaç duyulan ağı ve sistemlerin kurulumu için gerekli yatırımın yüksek maliyetli olmasıdır. Yatırım ile sistemlerin kurulumu sırasında endüstriyel faaliyetlerin de durması gerektiğinden ilk geçiş aşaması zorlu bir süreçtir<sup>[8]</sup>.

Gıda endüstrisinin içinde bulunduğu yüksek rekabet ortamı, ürün fiyatlarının sürekli aşağı çekilmesine neden olmaktadır. Ortaya çıkan zararın kapatılması için de üretim ve dağıtımda daha uzun vadede ekonomik çözümler yaratılması gerekmektedir. Ancak gıda endüstrisinde otomasyon için kullanılacak makinelerin de çok dikkatli seçilmesi ve üretilmesi gerekmektedir. Gıda teması olan makine parçalarının paslanmaz, anti bakteriyel kaplamalı, yıpranmaya veya kırılmaya dayanıklı olması gereklidir. Gıda endüstrisinde hijyen önemli bir konu olduğundan kurgulanacak otomasyon sisteminin uluslararası standartları karşılaması oldukça önemlidir.

Gıda endüstrisi günümüzde otomasyonu ağırlıklı olarak üretimin başında, hammaddelerin ayrışması veya son ürün aşamasında paketleme süreçlerinde tercih etmektedir. Gıda üretiminde hammadde süreçleri, artan talebi karşılamak için yapılan üretimi büyütmeye faaliyetleri neticesinde hızla genişleyen bir operasyon alanıdır. Hammaddelerin ayrışması ve üretimde kullanım sıralamasının belirlenmesi de otomasyon süreçleriyle daha hızlı ve yönetilebilir hâle gelmektedir. Bu sayede genel üretim aşamalarına geçişte daha başarılı sonuçlar çıkmaktadır<sup>[9]</sup>.

Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) gıda endüstrisi, ülke genelinin ve ticari ortaklarının beslenmesinden duyduğu sorumlulukla gelecekte artacak talebin karşılanabilmesi için robotik ve otomasyon sistemlere yatırım yapmaya başlamıştır. Öncelikle otomatik sulama, gübreleme, hasat ve yetiştirme sistemleri ile su, yakıt ve gübre tasarrufu sağlanarak üretim maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Otomasyon sistemleri verimli olmakla birlikte insan işgücünün de yerine geçebilmektedir. Bazı meyve üreticisi firmaların yatırım yaptığı robotlar ağaçlardan meyvelerin toplanmasında verimli sonuçlar verirken, insansız traktörler ve ilaçlama araçları günlük vardiya çalışanlarının sayısında ciddi azalmalara neden olmaktadır.

Depolarda klasik forkliftlerin yerini Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (Automated Guided Vehicles -AGVS) alırken depo genelinde malzemelerin bir yerden diğer bir yere taşınması, sistemlere veya kamyonlara yüklenmesi ve indirilmesi işlemlerinde hız kazanılmaktadır.



Bütün sektörlerde olduğu gibi otomasyon süreçlerine geçişlerde pandemi ve insan temasının azaltılmasının hedeflenmesi etkindir. Marketler de bu durumdan etkilenerek teknolojik otomasyon sistemlerini artırmaktadır. İnsansız otomatik kasa sistemleri, fiyat bilgisi için barkod okuma alanları ve hatta genel yüzey temizliği için robotik temizlik sistemleri giderek yaygınlaşmaktadır.

Restoranlarda da otonom sistemler yaygınlaşmaktadır. COVID-19 pandemisi ile insan temasının daha az tercih edildiği her endüstride olduğu gibi restoranlar da en az temasla en verimli hizmeti vermenin yollarını aramaktadır. Robot garsonların servis yaptığı ve temizlik işlerinin robotlarca gerçekleştirildiği restoran işletmelerine rastlamak artık mümkündür. Bunların dışında meyve ve sebzeleri lazer ile kesebilen ve yemek ısılarını termal kamera ile kontrol altında tutan robotik sistemler restoranlarda tercih edilmektedir. Yapay zekâ da ideal yemek tariflerinde en uygun malzeme miktarlarının ortaya çıkarılmasında kullanılan bir başka teknolojidir<sup>[10]</sup>.

Geçmiş yıllarda gerçekleşen bir girişim olan Eatsa otonom restoran konsepti başarısız olarak kapanmış olsa da günümüzde temassız hizmetlere artan ihtiyaç bu konseptin tekrar canlanmasına neden olmuştur. Kanadalı bir girişimcinin çalışması olan Box'd, otonom restoran yaklaşımını yeniden ortaya çıkarmıştır. 2006'da Lübnan'dan Kanada'ya göç eden ve Paramount Fine Food zincir restoranlarının kurucusu olan Mohammad Fakih, yeni girişimi olan Box'd ile gıda endüstrisinde otonom restoran konseptini tekrar gündeme taşımıştır. Her üç ile dört dakikada bir 18 adet küpten oluşan servis alanına yemekleri servis edebilen bir şef sistemiyle hizmet veren Box'd'nin müşterileri telefonlarındaki QR kod ile yemeklerini alarak yiyebilmektedir. Müşteriler restorana gelmeden 10 dakika önce verecekleri siparişle yemeklerini geldiklerinde hazır bir şekilde teslim alabilmektedir<sup>[11]</sup>.

Gıda endüstrisinde görev alan otonom robotlar basit tariflerle yemek pişirmenin yanında işlem sonrası temizliği de yapabilmektedir. Cali grup tarafından finanse edilen Miso Robotic's firması tasarımı olan Flippy gibi robotlar ise hamburger endüstrisinde etin yeteri seviyede pişmesi için gereken sürelerde çevirerek ve çalışanların da sıcak yüzeylerden etkilenmeden korunmasıyla



**Şekil 2:** Flippy otonom robotu hamburger pişirme işlemi gerçekleştiriyor<sup>[13]</sup>.

pişirme süreçlerini tamamlayabilmektedir. Flippy saatte 80 hamburger köftesi pişirme kabiliyetindedir. Bu kapasiteyle ideal pişirme seviyesinde lezzetli hamburgerlerin yapılması mümkün olmaktadır<sup>[12]</sup>.

Gıda endüstrisi hijyen şartlarının önem taşıdığı bir sektör olarak son yıllarda hayatı olumsuz yönde etkileyen COVID-19 pandemisinden nasibini almıştır. Her ne kadar gıda endüstrisi bu süreçte açık kalarak olumsuz ekonomik etkilerden kendini korusa da içlerinde et işleme tesislerinin de olduğu bazı firmalar kapanmak zorunda kalmıştır. Ayrıca çalışanların hastalığa yakalanma açısından duyduğu endişeler de sektörde çalışan sayısında azalmaya neden olmuştur<sup>[14]</sup>.

COVID-19 pandemisi, gıda endüstrisinde üretim ve dağıtım aşamalarında çalışanlar arasında endişeye neden olmaktadır. İşyerinde çalışma şartlarından kaynaklı hastalığa yakalanma korkusu birçok kişinin uzaktan çalışmaya geçmesine veya işten ayrılmasına neden olmuştur. Otonomi bu noktada çalışanların daha güvende olmasını sağlarken aynı zamanda işletmelerin üretimi kesintisiz bir şekilde devam ettirmesine imkân vermektedir<sup>[15]</sup>.

Pandemi öncesi yapılan bütün iş planları günümüzde hızla revize edilmektedir. Gıda endüstrisi de geçmiş planlamalarını hızla güncelleyerek teknolojik dönüşümü hızlandırmıştır. Bu dönüşümle beraber yeni normal hâline gelen pandeminin gelecekte ortaya çıkabilecek farklı versiyonlarına karşı hazırlıklı olunması ve buna uygun iş planlamaları yapılması öncelik kazanmıştır<sup>[16]</sup>.

Pandemi etkisiyle insanların evde daha fazla vakit geçirmesi ve temel gıda ihtiyaçlarını dağıtıcılar aracılığıyla evlerine sipariş etmeleri bu alanda artan bir talebe neden olmuştur. Bu duruma hızla adapte olan marketler ve gıda tedarikçileri otonom depolama modelleriyle müşteri taleplerini daha hızlı bir şekilde karşılamayı hedeflemektedir<sup>[17]</sup>.

Kablosuz bağlantılar, dijital teknolojiler, makine öğrenmesi, nesnelerin interneti (Internet of Things -IoT), yapay zekâ ve robotik teknolojileri ile donatılan akıllı fabrikalar ve dağıtım ağları gıda endüstrisinde yeni nesil bir yaklaşımın habercisidir. Ancak bu yaklaşımın etkileri zamanla daha net ortaya çıkacaktır<sup>[2]</sup>.



**Şekil 1:** Box'd otonom restoranının iç görüntüsü<sup>[11]</sup>.

Gıda endüstrisinin bir parçası olan tarım çalışmaları da tedarik zincirleri ve güvenli gıda çalışmalarından faydalanabilmek için otomasyona geçiş süreçlerini hızlandırmıştır. İnsan gıdalarında önleyici kontroller çerçevesinde 2015 yılında başlatılan çalışmalar, güvenlik standartlarının artırılmasını ve gıdalarda bozuk veya hatalı ürünlerin üretim ve dağıtımının engellenmesini hedeflemektedir. Özellikle ABD'nin FDA (Food and Drug Administration) kontrol parametrelerine uyum için ciddi yatırımlarla dijital dönüşüme geçilmesi gerekmektedir<sup>[18]</sup>.

Gıda endüstrisinde üretim ve dağıtım süreçleri için otomasyonun çok planlı ve sistemli bir şekilde yürütülmesi ve dönüşümün dikkatle gerçekleştirilmesi önemlidir. Doğru yönetilen süreçler başarının kapılarını açabilecekken, hatalı dönüşümler işletmelerin geleceğine mal olabilir.

## 4. OTOMASYONU GÜÇLENDİREN TEKNOLOJİLER

Otomasyon başlı başına bir araştırma alanı oluştururken bu teknolojiyi destekleyen başka yeni teknolojiler de bulunmaktadır. Birçok endüstriyel alanda avantaj sağlayan bu teknolojiler, otonominin günlük hayatta yer edinmesine yardımcı olmaktadır.

### 4.1 Yapay Zekâ

Yapay zekâ teknolojisi başlı başına bir otonom sistem olarak değerlendirilebilmektedir. Makine öğrenmesi ile gelişen algoritmalar sayesinde kendi kendini geliştiren ve belirlenen sınırlar çerçevesinde karar alma yetisine sahip yapay zekâ teknolojisi, topladığı verilerle üretimi ve dağıtımı daha ileriye taşıma potansiyelindedir. Daha yüksek kalitede lezzetler toplanan verilerin birleşimi ile ortaya çıkabilir veya müşterilerin tercihlerine göre daha verimli dağıtım sistemleri kurulabilir<sup>[19]</sup>.

Yapay zekâ kullanımını yeni nesil gıda sisteminin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Gıda güvenliğine yönelik tehditlerin ortadan kalkması ve daha standart kalitede gıda üretimi ve dağıtımı yapay zekâ ile mümkündür. Gelişmekte olan ülkelerin yapay zekâ destekli otonom gıda üretimi ve dağıtım sistemlerine ihtiyacı vardır. Özellikle tarım işletmelerinde ve üretim tesislerinde insan hatasını sifira indiren yapay zekâ desteği, tarlalarda ilaçlama, gübreleme, zararlı ot söküm ve hasat zamanını planlayarak ve 24 saat çalışabilen robotik teknolojilerine bilgi vererek işlemlerin kesintisiz gerçekleşmesini sağlayabilir<sup>[1]</sup>.

Yapay zekâ otonomiyle birlikte birçok teknolojiye de destek olmaktadır. Gıda sektöründe yapay zekânın robotik bilimi ile birleşmesi daha keskin, daha akıllı ve daha duyarlı üretim ve dağıtım olasılıkları yaratmaktadır<sup>[20]</sup>.

### 4.2 Robotik Bilimi

Robotik bilimi otonomiye destekleyen önemli teknolojileri içermektedir. Robot teknolojileri tarımdan üretime birçok alanda yer edinmeye başlamıştır. Üretimde

hammadelerin işlendiği birincil işleme alanında veya pişirilme süreçlerinin gerçekleştiği ikincil işleme alanında kullanılan robotların, ikincil işlemede daha büyük başarılar sergilediği gözlemlenmiştir.

Robotlar paketleme aşamalarında özellikle tercih edilen bir teknoloji olmaya başlamıştır. Paketleme süreçleri üç grupta toplanmaktadır. Birincil paketleme, gıdaların tek tek paketlenmesi süreçleri temsil etmektedir. Bu süreçte robotlar bir tüp veya yakalayıcı aracılığıyla gıdayı alarak paket yapma ve kargolama işlerinde çalışmaktadır. İkincil paketleme sürecinde, birden fazla gıdanın bir arada paketlenmesi gerçekleşmektedir. Üçüncül paketleme süreci ise ikincil paketlerin gruplanarak kargolanma aşamasını temsil etmektedir.

Robotların kullanılabilirliği ama bu işlemin henüz çok sık tercih edilmediği bir diğer gıda ve dağıtım alanı da gıdaların teslim aşamasıdır. Bu noktada drone teslimatçılar veya yemekleri doğrudan müşterilere taşıyan garson robotlar gibi denemeler gerçekleştirilmiştir.

Robot açıcıların varlığı ise tartışma yaratan bir alandır. Yemeklerin belirli bir standartta pişirilmesi gibi avantajları olsa da müşterilerin robotlar tarafından pişirilen yemekleri yemeleri için bir ikna sürecine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir<sup>[21]</sup>.

Gıda sektöründe kaza kaynaklı en büyük riskler kesilme işlemlerinin yapıldığı et endüstrisinde ortaya çıkmaktadır. Buradaki güvenlik ihtiyacının karşılanması için tasarlanmış olan RoBUTCHER adlı robotik kasap sistemi, otonom et fabrikası konsepti dahilinde değerlendirilmektedir. Sistem, otonom olarak etin kesilme noktalarını ve açılarını dikkate alarak hızlı bir kesim süreci gerçekleştirmeyi hedeflemiştir. RGBD (Red-Green-Blue Depth) kameralarla güçlendirilen sistemin önce kesilecek eti taraması ve detaylı bir algılama sistemiyle yazılım destekli hesaplamalar sonucunda kesim işlemini gerçekleştirmesi amaçlanmaktadır<sup>[22]</sup>.

Tarımda kullanılan otonom robotlara agribot (agriculture-bot) denilmektedir. Bu robotlar mahsul oranını artırmada büyük faydalar sağlamaktadır. Ürünlerle ilgili topladıkları detaylı verilerle nem, su ihtiyacı, sıcaklık, toprağın gübre veya mineral dengesini analiz eden robotlar, yapay zekâ desteği ile çiftçilerin tasarruf ve verimliliğini artırmaktadır<sup>[12]</sup>.

Üretim hatlarında veya paketleme süreçlerinde objeleri tanımlayarak ayrıştırabilen robotik sistemler de gıda endüstrisinde faydalı olmaktadır. Benzer şekilde seralarda veya tarlalarda sebze ve meyvelerin olgunluk seviyesini ölçen ve gerektiğinde toplayabilen otonom robotlar üretim aşamasında gıda endüstrisinin önemli bir üyesi hâline gelmeye başlamıştır<sup>[23]</sup>.

Günümüzde pandemi etkileri işyerlerinde çalışanlar için endişe kaynağı olduğundan üretim ve dağıtım hatlarında kullanılabilecek robotik teknolojisi bu soruna bir çözüm üretme potansiyelindedir. Robotik teknolojileri ile temas riski azalırken tüketicilere salgın hastalığın bulaştırılması gibi sorunlar ortadan kalkabilmektedir. ABD'de pandeminin başından beri meydana gelen gıda kaynaklı 15.300 hastalık bulaşma vakası 192 ayrı et paketleme tesisine bağlanmıştır. Bu durum birçok tesisin

üretimini sonlandırmasıyla sonuçlanmıştır. Ancak otonom destekli robot teknolojileri bu riskleri büyük ölçüde engelleyebilmektedir<sup>[24]</sup>.

### 4.3 IoT ve Büyük Veri

Büyük veri dijital çağda her alanda karşımıza çıkan bir durum hâline gelmiştir. Çeşitli sensörlerin verileri, müşteri deneyimleri, olasılık verileri gibi birçok enformasyonu içerisinde barındıran büyük veri, gıda endüstrisinin dijital dönüşümünde kritik bir konumdadır. Büyük verinin işletmenin gelişiminde kullanılması için üretimin ve dağıtımın her aşamasında süreçlerin izlenmesi, çalışan hareketlerinin kaydı, otonom sistemlerin verimliliği, üretim sonuç raporları, dağıtım süreçleri gibi çok çeşitli alanlardan toplanan veriler yapay zekâ ile işlenerek otomasyonun veriminin artırılmasında kullanılabilir. Büyük veri, IoT sistemlerle de desteklenirse daha güçlü bir dijital dönüşümün kapısı aralanabilir<sup>[25]</sup>.

IoT teknolojileri hemen hemen her endüstride etkili sonuçlar sergilemektedir. Gıda üretimi ve dağıtımında otonomiden faydalanılacaksa IoT teknolojileri bu dönüşümün vazgeçilmez bir parçası olacaktır. IoT teknolojileri ile çalışan sensör ve yazılımlar aracılığıyla son kullanıcılardan tedarikçilere herkesin tam olarak neye ihtiyaç duyduğu ve taleplerinin nasıl gerçekleştirileceğinin anlaşılması mümkündür. Toplanan verilerin işlenmesi ve otonom yapay zekâ sistemlerince yorumlanmasıyla gıda endüstrisi müşteri ihtiyaçlarını daha iyi bir şekilde karşılamak potansiyeli göstermektedir.

Akıllı termostatlar gıdaların pişme sıcaklıklarını kumsuz bir keskinlikte kontrol altında tutarken, depo sayımlarında kullanılan sensör sistemleri ihtiyaç duyulan bir madde azaldığında tedarikçiye bilgi verebilmektedir. Drone'lar tarlalarda ürün verimliliğini izlerken, buzdolabı sensörü gibi sistemler gıdaların ne kadar daha sağlıklı kalabileceğini ölçmektedir.

Tarımda ayrıca kullanımına başlanan insansız traktörler sürekli çalışma ile kısa sürede sürme veya gübreleme işlemlerini yapabilmekte ve hasat için yardımcı olabilmektedir.

IoT sistemlerinin en büyük etkisi ise gıda tedarik zincirlerinde görülmektedir. IoT ile birbirine bağlanan üreticiler, çiftçiler, tedarikçiler, denetçiler ve tüketiciler gıda endüstrisini benzeri görülmemiş bir şekilde değiştirme potansiyelindedir<sup>[26]</sup>.

### 4.4 Drone Teknolojisi

Drone'lar sıklıkla izleme ve bakım keşfi görevlerinde tercih edilmektedir. Boruların içerisinden ilerleyebilen, insanların giremediği depolara giren ve geniş arazileri izleyebilen drone'lar, gıda endüstrisinde de kullanım alanı bulmaktadır. Tarlalarda verimliliği izlerken sıcaklık ölçümü, donanımlı kameralarla termal ve özel ölçümler yaparak hayvan ve böcek popülasyonunun takibi ve özel ekipmanlarla sistemlerin bakım ihtiyaç tespitleri için denetim amaçlı kullanılan drone'lar uygun yazılımlarla otonom olarak görevlerini yerine getirebilmektedir. Uygunsuz bir durumu hızla rapor ettikten sonra ilgili

bölgeye odaklanarak konum bilgisi vermekte ve görsel destek sağlamaktadırlar<sup>[27]</sup>.

### 4.5 3D Yazıcılar

Endüstriyel faaliyetlerde devrim yaratan 3D yazıcılar gıda endüstrisinde yenilikçi fikirleri ortaya çıkarmaktadır. Aslında 3D yazıcılarla yiyecek yazdırma konsepti 2015 yılında yaygınlaşan pizza otomatlarıyla gündeme gelmiştir. Pizzayı hazırlarken hamur üzerine sos, peynir ve diğer malzemeleri yerleştirerek pişirmeye hazır hâle getiren otomatlar, ilkel 3D yemek yazıcıları olarak değerlendirilmektedir.

2020 yılına gelindiğinde 3D yazıcı restoranlar ve onlarca 3D yemek yazıcıları pazarda yerini almıştır. Hızla gelişen 3D yazıcı teknolojisinin yemek yazdırabilen versiyonları henüz çok erken aşamalarında. Şu anda püre, ganaj çikolata, peynir gibi akışkana dönüşebilir yiyecek grupları için kullanılabilen 3D yazıcılar, temel hammaddeler veya dondurma işlemleriyle de kombinlenebilmektedir. Bu teknoloji ağırlıklı olarak moleküler mutfaklar, gurme restoranlar veya lüks pastanelerde kullanılmaktadır<sup>[28]</sup>.



Şekil 3: Şekilli çikolatalar üreten 3D yazıcı<sup>[28]</sup>.

Dünyanın ilk 3D yenilebilir içerikli yazıcı sistemini kullanan Food Ink restoranı 2016 yılında açılmıştır. Hollanda ve devamında İngiltere'de de açılan Food Ink restoran zinciri açık kaynaklı bir yazılım üzerinden çalışan 3D yazıcılarla hizmet vermektedir<sup>[29]</sup>.

### 4.6 5G Teknolojisi

İletişimde çığır açan 5G teknolojisi gıda endüstrisinde otomasyonun ve artan veri paylaşımının destekçisi olarak önem kazanmaktadır. Dijital bilgi ile işlenen gıdanın üretim hikâyesi ve hasat tarihi her aşamada izlenebilirken, taşımacılıkta kullanılan araçlardaki sensörler 5G ağı ile bağlanarak yola çıkış zamanını, tahmini varış süresini, seyahat süresindeki sıcaklık, nem ve diğer gerekli bilgileri paylaşabilmektedir.

Gıda ürününün bilgilerinin detaylı bir şekilde takibi, üreticiden dağıtıcıya hatta tüketiciye kadar ilgili herkesin şeffaflıkla erişimine açık olduğunda güven ve kalitede artışın olması kaçınılmazdır. 5G gibi teknolojiler bu gelişimi desteklemektedir<sup>[30]</sup>.



## 5. OTOMASYONUN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Rekabet ve verim gücünü artırmak isteyen şirketler, otomasyona daha fazla yer vermek için çaba sarf etmektedir. Otomasyon ile üretim kapasitesinin ve kalitesinin artırılması mümkünken yanında getirdiği avantaj ve dezavantajların dikkatlice incelenmesi gereklidir.

### 5.1 Avantajlar

Tüm endüstrilerdeki üreticiler, maliyetleri düşürürken kârlarını artırmak için sürekli bir baskı altındadır. Özellikle yiyecek ve içecek endüstrisi, gıda güvenliği ve kalitesini sağlayan standartlara ve diğer düzenlemelere uyma zorunluluğundadır. Endüstriyel otomasyon ve dijitalleşme, otomatikleştirilmiş süreçlerin verimliliğini artırırken, izlenebilirliği geliştirdiği ve markanın itibarını koruduğu da kanıtlandığından, bu durum düşük maliyetli üretimde kârlılığı yakalama baskılarını hafifletmek için iyi bir çözümdür<sup>[31]</sup>.

Bu kapsamda otomasyonun en büyük avantajlarından biri, işgücü ve zaman kullanımında en doğru yöntemlerin elde edilmesini sağlamasıdır. Otomasyon üretim hızını artırır. Üretim sürecinin tamamen otomatik olması tereddüt etme veya yorgunluk gibi zaman kayıplarını engelleyerek üretime hız kazandırmaktadır.

Otomasyon ürünlerin kalitesinde ve verimliliğinde sürekliliği sağlamaktadır. Üretim standardı ile aynı kalitede ürünlere ulaşmak mümkündür.

Otomasyon insan hatasını da ciddi oranda düşürmektedir. Bununla birlikte çalışan masraflarında ciddi bir tasarruf sağlanabilmektedir. Fazla mesai, ekipman kontrol süreçleri ve bazı süreçlerin aralıksız bir şekilde izlenebilmesi genel olarak bir tasarruf yaratabilmektedir.

Otomasyonun endüstrilere kattığı en büyük avantajlardan biri güvenlik noktasındadır. Çalışan sağlığını veya hayatını riske atmadan güvenli bir üretim imkânı sunan otomasyon sistemleri işyerlerinde kaza riskini ciddi oranda düşürmektedir.

Otomasyon ayrıca yüksek kapasitede üretim imkânı da sunmaktadır. Sistemin standart bir şekilde yüksek kapasiteli üretimi ile daha fazla ürün elde edilmesi kârlılığa fayda sağlamaktadır<sup>[32]</sup>.

Gıda endüstrisinin en çok endişe duyduğu konulardan biri de gıda zehirlenmesidir. Üretim sistemlerinde yeterli kontrol ile otomasyonun uygulanması daha standart bir üretim sisteminin oluşmasına ve dolaylı yoldan daha güvenli gıdalara ulaşılmasına imkân vermektedir. Üretimin her aşamasında kontrolü sağlanan ve bu süreçlerin şeffaflıkla son kullanıcıya iletilmesi için kurgulanabilen otomasyon sistemleri hatalı veya bozuk ürün olasılığını ciddi oranda ortadan kaldırmaktadır<sup>[33]</sup>.

Gıdaların üretiminden dağıtımına ve tüketicilere ulaştırılmasında süreçlerin sıkı bir şekilde takibi sadece kaynak ve geçirilen süreçlerin bilinmesi açısından değil aynı zamanda tüketici ve tedarik bekleyen tarafların ihtiyaçlarının belirlenmesi ve buna göre üretim süreçlerinin optimize edilmesinde de avantaj sağlamaktadır. Otomasyon

bu gibi durumlarda takibi en kolay ve en hızlı müdahale edilebilir sistemlerden biridir<sup>[34]</sup>.

Gıda endüstrisinin sürdürülebilir olması için daha düşük enerjili üretim ve dağıtım sistemlerine ihtiyacı vardır. İyi bir şekilde planlanmış otonom bir üretim hattı ve buna destek sağlayan bir dağıtım hattı ile dekarbonizasyon ve çevre duyarlılığı sağlanabilir. Ancak bu planlama yapılırken profesyonel bir yardım alınması veya sürecin çok dikkatle kurgulanması gereklidir<sup>[35]</sup>.

Otomasyon sistemleri sayesinde ortaya daha az atık madde çıkararak daha sınırlı alanda çevreye duyarlı bir şekilde üretim yapılabilmektedir. 7/24 üretim imkânı veren otomasyon sistemleri sürekli üretim ile dengeli bir tedarik kapasitesine imkân verebilmektedir<sup>[36]</sup>.

Otomasyon sistemleri sensör verileri aracılığıyla bir ürünün tazelik durumunu, sıcaklığını veya soğukluğunu izleyebilmekte ve sorun potansiyeli olan ürünlerin elenmesini sağlayabilmektedir<sup>[37]</sup>.

### 5.2 Dezavantajlar

Otomasyonun çok sayıda avantajının yanı sıra çeşitli dezavantajları da bulunmaktadır.

Otomasyon standartlaşmaya destek olurken çeşitliliği azaltabilmektedir. İnsan etkisi ile farklı kalite ve özelliklerde ürünlerin ortaya çıkması mümkünken, otomasyon bu olasılıkları ortadan kaldırmaktadır.

Otomasyon doğru bir sistemle kurgulanmadığında veya birden fazla sistemin birleşiminden oluşan daha kompleks yapılar ortaya çıktığında yüksek enerji tüketimi ve çevreye olumsuz etkileri de olabilmektedir.

Otomasyonun en önemli dezavantajlarından biri ihtiyaç duyulan yüksek maliyetli yatırım miktarıdır. Aynı zamanda artan dönüşüm maliyetleri ile birlikte işsizliğin de artmasına neden olması mümkündür. Otomasyon sonucunda kalifiye veya teknik çalışan sayısının artması beklenirken, üretim ve dağıtımda çalışanların sayısında ise ciddi azalmalar yaşanması muhtemeldir.

Sürekli araştırma ve geliştirme ihtiyacı ve sistemlerin güncel tutulması gerekliliği, bir başka maliyet artış riskini beraberinde getirmektedir<sup>[32]</sup>.

Otomasyonun temel amacı aslında mevcut insan işgücünün yerini almak değildir. Bazı iş pozisyonlarında değişiklikler yaşanması kaçınılmaz olsa da işgücü otomasyonla farklı bir konuma doğru kayabilir. Mevcut çalışanlar için verilecek eğitimler yeni yetkinlikleri ortaya çıkararak görev değişiklikleri sağlayabilir. Ancak her ne kadar bir geçiş süreci olsa da uyum sağlayamayanlar için bir işsizlik riski ortaya çıkacaktır<sup>[38]</sup>.

Özellikle geçici işçilerin çalıştığı tarım alanlarında otomom hasat araçları ve diğer teknolojik araçlar bölgesel işsizlik rakamlarının artmasına neden olabilir. Dolayısıyla bu durum, sosyal bir sorun hâline gelmeden alternatif çözümler üretilmesi gereğini ortaya çıkarmıştır<sup>[39]</sup>.

Tarımın endüstriyelleşmesi otomasyon teknolojilerine adaptasyonu kaçınılmaz kılarken bu sektörde yaşanan iş kayıpları ABD’de net bir şekilde gözlemlenmektedir. Yeni teknolojilerle birlikte ABD’de tarım işçilerinin oranı yüzde 40’tan yüzde 2’ye düşmüştür<sup>[40]</sup>.



Otomasyon sistemlerinde kullanılan parçalar, gıda endüstrisi düşünüldüğünde hijyen konusunda yetersiz kalabilir. Bu durum işletmeler için ciddi yasal riskler ortaya çıkarabilir<sup>[41]</sup>.

Otomasyon sistemleri tamamen dijital bir çağın ürünü olduğundan, yüksek teknoloji ve ağlara bağlı olarak faaliyet göstermektedir. Bu durum sistemlerin siber saldırıların ve fidye yazılımlarının hedefi hâline gelmesini muhtemel kılmaktadır. Otomasyon ile ilgilenen kuruluşların beraberinde siber güvenlikle de ilgilenmesi gerekmektedir<sup>[42]</sup>.

## 6. GIDA ENDÜSTRİSİNDE OTOMASYONUN GELECEĞİ

Endüstriyel otomasyon her geçen gün evrilmeye devam etmektedir. Gelecekte otomasyonun ne tür teknolojiler tarafından destekleneceği tam olarak bilinmese de günlük hayatımızda daha fazla yer edineceği kesindir.

IoT teknolojileri, bulut tabanlı sistemler ve Dördüncü Sanayi Devrimi'nin etkisiyle geleceğin üretim tesisleri uzaktan bir akıllı telefonla yönetilebilir hâle gelebilir. Tedarik ve dağıtım aşamalarında sıcak veya soğuk taşınması gereken ürünlerin anlık olarak durumlarının takibi ve gerektiğinde müdahale edilebilme olasılığı, yapay zekâ desteği ile ürün kalitesinin test edilerek yüksek tutulması gibi avantajlar gıda endüstrisinde otomasyonun geleceğini daha önemli bir konuma taşımaktadır<sup>[8]</sup>.

Küresel araştırmalar gıda endüstrisinde otomasyonun büyük fırsatlar sunabileceğini göstermektedir. Özellikle paketleme aşamasında hijyenin önem kazandığı günümüz dünyasında insan teması olmadan yapılacak işlemlerin olasılığı birçok gıda üreticisini otomasyona yönelmeye başlamıştır. Ancak otomasyonun gıda endüstrisinde başarılı olabilmesi için üretim ekipmanlarını üreten firmaların ve tedarikçilerinin biyolojik kontaminasyon konusunda ciddi çalışmalar yaparak tasarımlarını yeniden gözden geçirmesi gereklidir.

Gıda endüstrisinin içinde bulunduğu zorlu üretim şartları da dikkatle değerlendirilmelidir. Soğuk veya sıcak ortamlara karşı dayanıklılık, kimyasal tepkimeler veya gelecek değişim alanları dikkate alınarak otomasyon planlaması yapılmalıdır.

Gıda ürünlerinin üretim ve paketleme yöntemlerinde yapılacak otomasyon süreçleri gibi radikal değişiklikler müşteri profili üzerinde de etkiler yaratabilmektedir. Bazı müşterilerin geleneksel yöntemleri tercih etmesi beklenirken, pandemi döneminde yeni ve daha hijyenik üretim ve dağıtım süreçlerinin hızla kabul edilmesi daha olasıdır<sup>[9]</sup>.

Yeni teknolojilerle şekillenen otomasyon beraberinde yeni kavramlar getirmektedir. Gıda endüstrisinde otomasyon uygulandığında, insan temasının azaltılmasıyla ekipmanların bakım faaliyetlerinde yenilikçi fikirler ortaya çıkmaktadır. Örneğin Bakım 4.0 (Maintenance 4.0) bunlardan biridir. Bakım 4.0 ile birlikte sensörlerden toplanan veriler ekipman veya sistemin ne zaman bozulabileceğini

yapay zekâ desteği ile hesaplayabilirken, bozulan ekipmanların en hızlı ve güvenli şekilde nasıl onarılacağını da ortaya koymaktadır. Bakım sisteminin otomasyon şeklinde yürütülmesi üretimde verimliliğin artmasına fayda sağlama potansiyeli göstermektedir.

Otomasyonun güçlü yanlarından biri olan yüksek güvenlik konusu, işyerlerinde çalışan güvenliğinin gelişmesine yardımcı olacaktır. Güvenliğin bütün işletmelerde tam bir standart olarak uygulanması otomasyon ile mümkündür.

IoT sensörleri ile birbirine bağlı çoklu üretim tesislerinin bir bütün hâlinde hareket ederek otomasyon şeklinde çalışması da üretim ve dağıtımda büyük bir avantaj vadetmektedir. Ancak tesislerin birbiriyle bağlantısının sağlanması çok güçlü bir ağ ile mümkündür. Bu ağın oluşturulması için doğru altyapıların kurgulanması gerekmektedir<sup>[43]</sup>.

Gıda endüstrisinde kullanılması planlanan bütün teknolojiler güçlü bir altyapıya ihtiyaç duyar. Tarım arazileri ve üretim tesisleri için yeterli su kaynağı, enerji kaynağı, atık yönetimi, güçlü bağlantı teknolojileri ve iletişim teknolojileri bu altyapıların başında gelmektedir. Benzer şekilde her ne kadar birçok sistem otomasyon olsa da insan müdahalesine ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu durumlar karşısında yetkin ve eğitimli personelin işletmelerde yer edinmesi önem kazanmıştır. Teknolojinin adı otomasyon olmakla beraber, bakım ve geliştirme aşamalarında henüz insan müdahalesi olmadan geçirilebilecek süreçler gelişmemiştir. Ancak birçok yeni teknoloji, gıda endüstrisinin yeni sistemlerinde yer almak için yarışmaktadır<sup>[44]</sup>.

Gıda üretimi ve dağıtımını endüstrisinin geleceğinde akıllı fabrikalar, otomasyon araçları ve drone'lar, yenilebilir yiyecekler üretebilen 3D yazıcılar, akıllı ve yüksek hassasiyetli tarım uygulamaları, yüksek teknoloji paketleme sistemleri ve akıllı atık yönetimi ile geri dönüşüm bulunmaktadır. Bu gelişmeler gıda endüstrisini kökten değiştirme potansiyelindedir<sup>[20]</sup>.

## 7. GIDA ÜRETİMİ VE DAĞITIMINDA OTOMASYONA YAPILAN YATIRIMLAR

Gıda endüstrisi küresel ölçekte en büyük yatırımların yapıldığı sektörlerden biridir. Yaşamsal bir ihtiyaç olan beslenme talebinin karşılanabilmesi için birçok ülke ciddi yatırımlar yapmaktadır. Bu yatırımların gün geçtikçe teknoloji ile daha uyumlu ve sürdürülebilir hâle gelmesi gereklidir.

İngiltere 43,7 milyar pound'luk yatırımlarıyla gıda endüstrisine en büyük desteği sağlayan ülkelerden biridir. Ancak son dönemde Brexit gibi siyasi çalışmalar neticesinde İngiltere ciddi işgücü kaybı yaşamıştır. Ülkedeki fabrika çalışanlarının yarıya yakını başka ülkelere geldiğinden Brexit sonrası bu çalışanların kendi ülkelerine dönmesi, üretimde ve dağıtımda kayıplar yaşanmasına neden olmuştur. İngiltere gıda endüstrisinin eski potansiyeline kavuşması için en az 140.000 yeni çalışana

ihtiyacı vardır. Otonom sistemlere yapılacak yatırımlar bu açığın kapatılmasında rol oynayabilir<sup>[45]</sup>.

İngiltere gıda endüstrisi geçmişte ağırlıklı insan işgücüne dayanarak faaliyet göstermiştir. Ancak son yıllarda yaşanan siyasi ve pandemi kaynaklı iş kayıpları sektörün otonom teknolojiyi benimsemesini hızlandırmıştır. Hazine Bakanı Philip Hammond, 500 milyon pound'dan fazla yatırımı, içinde yapay zekânın da olduğu teknoloji projelerine aktarmıştır. Özellikle tarım ve üretim süreçlerinde robotik teknoloji ve otonom sistemler önem kazanmıştır<sup>[46]</sup>.

Box'd otonom restoran girişimi bilinen önemli gıda endüstrisi yatırımlarından biridir. Paramount Fine Food zinciri olarak Ortadoğu, Çin ve Kuzey Amerika'da 76 restoranı olan Mohammad Fakih, bu restoranların fiziki alanlarının yarısını Box'd'ye dönüştürerek makul bir yatırımla otonom restoranların sayısını artırmayı hedeflemektedir<sup>[11]</sup>.

Şok dondurucu tesislere sahip Hradfrystihusid LTD ve Marel firmasının yaptığı yeni bir anlaşma da otomasyonu ve verimliliği artırmayı hedeflemektedir. Marel'in Flexicut ve Flexitrim sistemleri üretim bandında balıkların kılçık ayıklama ve dilimleme işlemlerini otonom olarak gerçekleştirebilmektedir. Bu sayede hazırlanan balıklar uygun porsiyonlara bölünerek şok dondurma tesisine yönlendirilmekte ve dağıtımla son kullanıcıya ulaştırılmaktadır<sup>[47]</sup>.



**Şekil 4:** Marel'in Flexicut porsiyonlama sistemi su jeti<sup>[48]</sup>.

İngiltere'nin şeker üreticisi ve şeker pancarının tek işleyicisi konumunda olan British Sugar geleceğin fabrikası konseptiyle son beş yılda 250 milyon pound'luk yatırım yapmıştır. Üretim tesislerini dijitale dönüştüren British Sugar, bakım ve birtakım üretim faaliyetlerini otonom sistemlere bağlamıştır. Dördüncü Sanayi Devrimi ve IoT teknolojilerini destekleyen firma yapay zekâ desteği ile müşteri davranışlarını analiz ederek üretimi artırmayı hedeflemektedir<sup>[43]</sup>.

ABD kökenli gıda robotik şirketi Soft Robotics Inc., 2021 yılında COVID-19 pandemisi kaynaklı artan talepleri karşılamak için ticari operasyonlarını daha da genişletmek amacıyla 10 milyon dolarlık yeni bir yatırımla araştırmalarını genişleteceğini duyurmuştur. ABD'li Tyson Food'dan yatırım desteği alan Soft Robotics Inc. robotik yakalama kollarıyla üretim hatlarında ayıklama ve seçme işlemlerinin otomasyonunu sağlamaktadır<sup>[49]</sup>.

2019 yılında pizza robotu şirketi olan PAZZI 12,76 milyon dolarlık bir yatırımla yeni nesil tam otomatik pizza robotlarının çalıştığı bir restoran açmayı planlamıştır. Singapur'lu yatırım şirketi olan Qualgro ve Fransız fon şirketleri ve yatırımcıları olan Partech ve Daphni'den yatırım sağlayan PAZZI, Fransa'da açtığı restoranla pizza üretim süreçlerini otomasyona aktarmayı başarmıştır<sup>[50]</sup>.

## 8. KÜRESEL OTOMASYON PAZARINDA GIDA ENDÜSTRİSİNİN YERİ

Küresel otomasyon pazarı çok büyük ve gelişen bir yapıya sahiptir. Gıda ve dağıtım endüstrisi de bu pazarda yerini almıştır.

2020'den itibaren güçlenen gıda otomasyon pazarı yüzde 9,5'lik büyüme öngörüsü ile 2027 yılına kadar 29,4 milyar dolara ulaşma potansiyelindedir. Bu artış oranı yeni pandemik olaylar ve siyasi çatışmalarla daha da artabilir<sup>[51]</sup>.

2020 yılında 1,9 milyar dolar olan küresel gıda robotik pazarının ise 2026 yılında 4 milyar dolara ulaşması öngörülmektedir. Yüzde 13,1'lik bir artışı işaret eden bu büyüme oranı gıda otonom pazarında robotik sistemlerin önemini kanıtlamaktadır.

Gıda otomasyon pazarı paketli yemeklere olan ilginin artması ve üretim standartlarının gelişmesinde beklenen artıştan olumlu yönde etkilenmektedir<sup>[52]</sup>.

BBC'nin araştırma raporlarına göre, 2020'de gıda işleme ve paketleme endüstrisi 31,5 milyar dolar civarında bir pazar payına sahiptir<sup>[53]</sup>. Araştırma aynı zamanda günümüzde paketleme operatörlerinin yüzde 94'ünün robotik sistemlerden destek aldığını göstermiştir<sup>[54]</sup>.

Gıda endüstrisinde otomasyon ve robotik sistemler her geçen gün artan bir şekilde yer edinmektedir. Bu teknolojilerin, tesislerin ve sektörün verimliliğini ciddi ölçüde artırması beklenmektedir. Hatta, yapay zekâ ve büyük veri gibi teknolojilerin gelişmesiyle gıda sektöründe otomati çok daha yüksek verimliliği vadedebilir<sup>[12]</sup>.

COVID-19 pandemisi hizmet robotu kullanımını artırmıştır. Dezenfekte etme işleri yapan robotlar, fabrika ve depolarda lojistik çözümler sunan robotlar ve eve teslimat robotları özellikle ilgi görmektedir. Otomasyon sistemlerinde faydalı olan hizmet robotlarının tüm dünya satışlarının değeri 2019'da 5,7 milyar doları bulmuştur. Hizmet robotları pazarının 2023 yılına kadar 12,1 milyar doları bulması beklenmektedir.

Pandemi insanlar arasındaki teması azaltacak, işyerlerini daha güvenli hâle getirecek her türlü teknolojiye yönelik ilgiyi artırarak, otomasyon projelerine beklenmedik bir hız kazandırmıştır. Hollanda'nın Maastricht kentindeki yeniden açılan bir restoranda müşterilere yemekleri Amy, Aker ve James adlı üç robot taşımaktadır. İspanya'nın güneyinde ise bir barda içecekleri bir robot doldurmaktadır. 1,60 m boyundaki, kablolarla birlikte 80 kilo ağırlığındaki Alexia adlı robot da Pamplona'daki bir





restoranda garsonların müşterilere sosyal mesafeyi koruyarak hizmet etmesine yardımcı olmaktadır<sup>[55]</sup>.

Gıda endüstrisi, üretim ve dağıtım aşamalarında otomasyon teknolojileri ve robotik teknolojilerine giderek daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Robotik teknolojileri geliştikçe, otomasyonda daha verimli ve güvenli uygulamalar görüleceği kesindir.

## 9. SONUÇ

Gıda üretimi ve dağıtımı endüstrisi hızla gelişmektedir. Küresel değişimler, pandemi, ekonomik krizler bu değişimlerde büyük rol oynamaktadır. Sektörler arası bağlantıların artması yeni dijital çağın etkilerinden biridir.

El ürünlerinden üretim hatlarına, yoğun üretimlerden yüksek teknoloji sistemlere kadar gıda endüstrisi sürekli olarak daha hızlı, verimli üretim yolları ile tüketici ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlamaktadır. Bu durum sektörde faaliyet gösteren üretici ve dağıtıcıların risk profilini değiştirerek otomasyon teknolojileri gibi yenilikçi fikirlere hazırlığın artmasına destek olacaktır.

COVID-19 pandemisi sonrası dönemde gıda şirketlerinin yeni otomasyon teknolojilerinden yararlanarak süreçleri nasıl iyileştirebileceğini keşfetmesi gerekmektedir. Bu değişiklikler şirketlerin, çalışan iş yükünü azaltmasına, değer kazanmasına, süreç ve ürünlerinin kalitesini artırmasına, ayrıca daha esnek ve sürdürülebilir yöntemler izlemesine yardımcı olacaktır. Uygun çözümler arasında robotik, kolaboratif robot, görsel denetim ve sensör teknolojilerini; veri analizi, insan-makine etkileşimi ve tam izlenebilirlikle birleştiren akıllı ve bağlantılı sistemler yer alacaktır. Bu sistemlerin şirketlere, gelecekte başarılı ve müşteri odaklı bir tutumu mümkün kılan gerçek zamanlı veriler sunması beklenmektedir.

Otomasyon, dijitalleşen ve pandemi gibi olumsuz koşullardan etkilenen dünya için vazgeçilmez bir süreç hâline gelmeye başlamıştır. Üretimden dağıtıma daha güvenli ve sağlıklı olacak şekilde insan temasından uzak otomasyon süreç ve teknolojilerinin tercih edilmesi özellikle içinde bulunduğumuz pandemi koşullarında sektörlerin güven tazelenmesine faydalı olacaktır. Otomasyonun avantajlarını ön plana çıkararak dezavantajlarını ortadan kaldırmaya yönelik yapılacak her çalışma başarıyı artırma potansiyeli taşımaktadır.



## KAYNAKÇA

- [1] Chamara, Ruwan; (2020), "Role of artificial intelligence in achieving global food security: a promising technology for future", *Research Gate*, (Aralık 2020), [https://www.researchgate.net/publication/348871804\\_Role\\_of\\_artificial\\_intelligence\\_in\\_achieving\\_global\\_food\\_security\\_a\\_promising\\_technology\\_for\\_future](https://www.researchgate.net/publication/348871804_Role_of_artificial_intelligence_in_achieving_global_food_security_a_promising_technology_for_future). (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [2] Marsh, (2017), "Food Manufacturing – Are You Ready for Industry 4.0?", (Aralık 2017), <https://bit.ly/3ytfpyF>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [3] IBM, "What is automation?", <https://www.ibm.com/topics/automation>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [4] *Encyclopedia.com*, "Food Production, History Of", <https://www.encyclopedia.com/food/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/food-production-history>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [5] Henry, Robert; (2020), "Innovations in Agriculture and Food Supply in Response to the COVID-19 Pandemic", *National Center for Biotechnology Information*, (3 Ağustos 2020), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7374153/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [6] *World Wide Fund for Nature*, "FOOD AT WWF", [https://wwf.panda.org/discover/our\\_focus/food\\_practice/?gclid=CjwKCAjwuv-mHBhAxEiwAWAYj-F8YSTkbOjsU6TQe66SU7nDqY1VnUXmeilwSPTPckANTOpUggp-sTRoCNQUQAvD\\_BwE](https://wwf.panda.org/discover/our_focus/food_practice/?gclid=CjwKCAjwuv-mHBhAxEiwAWAYj-F8YSTkbOjsU6TQe66SU7nDqY1VnUXmeilwSPTPckANTOpUggp-sTRoCNQUQAvD_BwE). (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [7] Viisser, Ying; Karssenber, Mariëlle; (2021), "Global Food Policy Report 2021: The challenges of food system transformation", *International Food Policy Research Institute*, (7 Mayıs 2021), <https://www.ifpri.org/blog/global-food-policy-report-2021-challenges-food-system-transformation>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [8] T. Higgins, Kevin; (2016), "The Evolution of Industrial Automation in the Food and Beverage Industry", *Food Processing*, (9 Eylül 2016), <https://www.foodprocessing.com/articles/2016/evolution-industrial-automation/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [9] Hoden, Phil; (2011), "Automation in the food industry", *New Food Magazine*, (6 Eylül 2011), <https://www.newfoodmagazine.com/article/5424/automation-in-the-food-industry/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [10] Casey, Marcus; Smith, Ember; (2020), "Automation from farm to table: Technology's impact on the food industry", *Brookings*, (23 Kasım 2020), <https://www.brookings.edu/blog/up-front/2020/11/23/automation-from-farm-to-table-technologys-impact-on-the-food-industry/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [11] Dingwall, Kate; (2020), "This Automated Restaurant Launched Mid-Pandemic. Is This The Future Of Restaurants?", *Forbes*, (24 Haziran 2020), <https://www.forbes.com/sites/katedingwall/2020/06/24/this-automated-restaurant-launched-mid-pandemic-is-this-the-future-of-restaurants/?sh=3a1638997186>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [12] *Lac Conveyors*, (2019), "Robotics And Automation In The Food Industry And Its Future", (25 Aralık 2019), <https://www.lacconveyors.co.uk/robotics-and-automation-in-the-food-industry/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [13] Graham, Jefferson; (2018), "Hamburger-making robot Flippy is back at Calif. Chain", *USA Today*, (28 Mayıs 2018), <https://www.usatoday.com/story/tech/talkingtech/2018/05/28/hamburger-making-robot-flippy-back-serving-300-burgers-day/649370002/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [14] Appold, Karen; (2020), "Automation after COVID-19: Pandemic Presses Food Manufacturers to Automate", *Food Quality & Safety*, (7 Ağustos 2020), <https://www.foodqualityandsafety.com/article/automation-after-covid-19-the-pandemic-presSES-the-urgency-for-food-manufacturers-to-automate/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [15] Demetrakakes, Pan; (2021), "How the Coronavirus Pandemic Impacted Food & Beverage's Interest in Automation", *Food Processing*, (3 Haziran 2021), <https://www.foodprocessing.com/articles/2021/pandemic-automation-impact/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [16] *AG Daily*, (2020), "Robotics and automation in a post-pandemic food system", (31 Temmuz 2020), <https://www.agdaily.com/technology/robotics-automation-post-pandemic-food-system/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [17] Mayer, Marina; (2020), "Automation, Robotics, Wearables -- The Future of Food Logistics", *Food Logistics*, (21 Aralık 2020), <https://www.foodlogistics.com/warehousing/article/21200017/automation-robotics-wearables-the-future-of-food-logistics>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [18] Neil, Stephanie; (2019), "Food Safety for the 21st Century", *Automation World*, (1 Şubat 2019), <https://www.automationworld.com/products/data/article/13317878/food-safety-for-the-21st-century>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [19] Priest, Colin; (2021), "Humans and AI: Should We Describe AI as Autonomous?", *DataRobot*, (10 Mart 2021), <https://www.datarobot.com/blog/humans-and-ai-should-we-describe-ai-as-autonomous/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [20] Ray Nichols, Megan; (2020), "Four Influential Technologies Changing Food Manufacturing", *Food Manufacturing*, (25 Eylül 2020), <https://foodsafetytech.com/column/four-influential-technologies-changing-food-manufacturing/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [21] Owen-Hill, Alex; (2017), "Top 5 Ways Robotics Is Changing the Food Industry", *Blog.robotiq.com*, (26 Temmuz 2017), <https://blog.robotiq.com/top-5-ways-robotics-is-changing-the-food-industry>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [22] *RoBUTCHER*, <https://robotcher.eu/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [23] *Automation World*, (2021), "Automation Trends in Food Processing and Packaging: Robotics", (23 Şubat 2021), <https://www.automationworld.com/business-intelligence/article/21295396/automation-trends-in-food-processing-and-packaging-robotics#next-slide>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [24] Haboon, Milane; (2020), "How Meat Producers Can Improve Food Safety with Robotic Automation", *Robotics Business Review*, (9 Haziran 2020), <https://www.roboticsbusinessreview.com/opinion/how-meat-producers-can-improve-food-safety-with-robotic-automation/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [25] *Aurecon*, "The future of food manufacturing: new digital realities", <https://www.aurecongroup.com/thinking/thinking-papers/future-food-manufacturing-digital-realities>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [26] Madden, David; (2019), "THE FUTURE OF FOOD: 6 WAYS IOT IS IMPACTING FOOD SUPPLY CHAINS", *Supply Chain Beyond*, (31 Mart 2019), <https://supplychainbeyond.com/the-future-of-food-6-ways-iot-is-impacting-food-supply-chains/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [27] *Force Technology*, "Drone inspection of food industry production facilities", <https://forcetechnology.com/en/services/drone-inspection-in-the-food-industry>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [28] Carolo, Lucas; (2021), "3D Printed Food: All You Need to Know in 2021", *ALL3DP*, (22 Kasım 2021), <https://all3dp.com/2/3d-printed-food-3d-printing-food/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [29] Lynch, Patrick; (2016), "Food Ink. is the World's First 3D Printing Restaurant", *Arch Daily*, (7 Temmuz 2016), <https://www.archdaily.com/790985/food-ink-is-the-worlds-first-3d-printing-restaurant>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)

- [30] *Forbes*, (2020), “5G Possibilities For A More Nimble And Data-Driven Food Industry”, (13 Temmuz 2020), <https://www.forbes.com/sites/tmobile/2020/07/13/5g-possibilities-for-a-more-nimble-and-data-driven-food-industry/?sh=7ca322506a1e>
- [31] *AB Market*, (2021), “Dijitalleşme Gıda ve Paketleme Endüstrisine Ne Gibi Avantajlar Sağlar?”, (15 Mayıs 2021), <https://abmarktotomasyon.com/dijitallesme-gida-ve-paketleme-endustrisine-ne-gibi-avantajlar-saglar/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [32] Blue, Britney; (2013), “Advantages and Disadvantages of Automation in Manufacturing”, *Vista Industrial Products*, (18 Eylül 2013), <https://www.vista-industrial.com/blog/advantages-and-disadvantages-of-automation-in-manufacturing/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [33] *Stuff*, (2020), “How automated compliance improves food safety”, (20 Temmuz 2020), <https://www.stuff.co.nz/business/better-business/122153774/how-automated-compliance-improves-food-safety>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [34] Nichols, Ray; (2018), “How Automation Benefits the Food and Beverage Industry”, *Food SafetyTech*, <https://foodsafetytech.com/column/automation-benefits-food-beverage-industry/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [35] K.Sovacool, Benjamin; (2011), “Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options”, *ScienceDirect*, (Haziran 2021), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121001507>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [36] *Productivity Inc*, “Benefits of Automation”, <https://www.productivity.com/benefits-of-automation/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [37] *The National Academies of Sciences Engineering Medicine*, (2019) “Science Breakthroughs to Advance Food and Agricultural Research by 2030”, <https://www.nap.edu/read/25059/chapter/6#91>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [38] *3P Partners*, (2020), “How COVID-19 has accelerated the adoption of automation in the food industry”, (24 Eylül 2020), <https://3ppartners.com/how-covid-19-has-accelerated-the-adoption-of-automation-in-the-food-industry/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [39] Palmer, Jeda; (2020), “THE PROS AND CONS OF EMERGING TECHNOLOGY IN OUR FOOD SYSTEM”, *Climate Change, Agriculture and Food Security*, (9 Aralık 2020), <https://ccafs.cgiar.org/news/pros-and-cons-emerging-technology-our-food-system>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [40] Shepon, Alon; (2018), “Conceptualizing a Sustainable Food System in an Automated World: Toward a ‘Eudaimonian’ Future”, *National Center for Biotechnology Information*, (5 Kasım 2018), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6230576/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [41] Krysiak, Matt; (2021), “Robotics and Automation in the Food Industry: What Manufacturers Need to Know”, *Metaphoto of Cincinnati*, (14 Kasım 2021), <https://www.mpofcinci.com/blog/robotics-and-automation-in-the-food-industry-what-manufacturers-need-to-know/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [42] Kish, Kelly; (2021), “Tales From the Road: A Wake-Up Call to the Food Production Industry”, *Direct Defense*, (1 Temmuz 2021), <https://www.directdefense.com/tales-from-the-road-a-wake-up-call-to-the-food-production-industry/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [43] Koks, Marcel; (2021), “The future of food manufacturing”, *New Food Magazine*, (16 Eylül 2021), <https://www.newfoodmagazine.com/article/156647/factory-of-the-future/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [44] N. Sirimanne, Shamika; (2020), “The role of science, technology and innovation in ensuring food security by 2030, UNCTAD”, Wathi, (1 Ekim 2020), <https://www.wathi.org/the-role-of-science-technology-and-innovation-in-ensuring-food-security-by-2030-unctad/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [45] Paoli, Andrea; (2020), “Food manufacture 4.0 – automation and robotics at the service of food manufacturing”, *New Food Magazine*, (10 Haziran 2020), <https://www.newfoodmagazine.com/article/111886/food-manufacture-4-0-automation-and-robotics-at-the-service-of-food-manufacturing/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [46] Chester, Rob; (2018), “Labour and the role of automation in food safety”, *New Food Magazine*, (16 Nisan 2018), <https://www.newfoodmagazine.com/article/75677/labour-automation-food-safety/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [47] *Marel*, (2021), “Hraðfrystihúsið invests in Marel’s Flexicut system”, (13 Ekim 2021), <https://marel.com/en/news/hradfrystihusid-invests-in-marel-s-flexicut-system>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [48] *Nordic Innovation*, “Automated Pinbone Removal In Cod and Whitefish (APRICOT)”, <https://www.nordicinnovation.org/programs/automated-pinbone-removal-cod-and-whitefish-apricot>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [49] *Food Manufacturing*, (2021), “Tyson Co-Leads \$10M Investment Round for AI-Powered Robotics Startup”, (30 Haziran 2021), <https://www.foodmanufacturing.com/capital-investment/news/21533410/tyson-coleads-10m-investment-round-for-ai-powered-robotics-startup>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [50] *PMQ*, (2019), “French Robotics Company Receives \$10M Investment for Fully-Automated Restaurant”, (Haziran 2019), <https://www.pmq.com/french-robotics-company-receives-10m-investment-for-fully-automated-restaurant/>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [51] *GlobeNewswire*, (2021), “Food Automation Market to Grow at a CAGR of 9.5% From 2020 to Reach \$29.4 billion by 2027, Says Meticulous Research®”, (18 Mart 2021), <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/03/18/2195294/0/en/Food-Automation-Market-to-Grow-at-a-CAGR-of-9-5-From-2020-to-Rreach-29-4-billion-by-2027-Says-Meticulous-Research.html>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)
- [52] *BBC Research*, (2016), “Innovation Key to Growth of Global Food Processing and Packaging Market”, (3 Ekim 2016), <https://www.bccresearch.com/pressroom/fod/innovation-key-to-growth-of-global-food-processing-and-packaging-market>. (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2021)
- [53] Harris, Doug; (2017), “Why automation is increasing in food processing and packaging”, *Food Dive*, (14 Mart 2017), <https://www.fooddive.com/news/why-automation-is-increasing-in-food-processing-and-packaging/437320/>. (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2021)
- [54] *STM ThinkTech*, (2021), “Günümüzde ve Yakın Gelecekte Robotlar”, (14 Nisan 2021), <https://thinktech.stm.com.tr/gunumuzde-ve-yakin-gelecekte-robotlar>. (Erişim Tarihi: 26 Kasım 2021)



**thinktech**  
STM Teknolojik Düşünce Merkezi  
<http://thinktech.stm.com.tr>

