



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI

**TAZE GIDA SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİK HİZMET SAĞLAYICILARININ
BULANIK DEMATEL BAZLI BULANIK VİKOR YÖNTEMİ İLE PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ: KENYA İÇİN BİR UYGULAMA**

(DOKTORA TEZİ)

ABDULRAZAK YASIN MOHAMED

BURSA - 2025



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI

**TAZE GIDA SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİK HİZMET SAĞLAYICILARININ
BULANIK DEMATEL BAZLI BULANIK VİKOR YÖNTEMİ İLE PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ: KENYA İÇİN BİR UYGULAMA**

(DOKTORA TEZİ)

ABDULRAZAK YASIN MOHAMED

Danışman:

Doç. Dr. Gül EMEL

BURSA – 2025

TEZ ONAY SAYFASI

T. C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

..... Anabilim / Ana sanat Dalı,
Bilim Dalı'nda numaralı

.....
hazırladığı “.....”

başlıklı (yüksek lisans / doktora / sanatta yeterlilik) tezi ile ilgili
savunma sınavı, .../...../20.... günü - saatleri arasında yapılmıştır. Alınan
cevaplar sonunda adayın (başarılı / başarısız) olduğuna
..... (oybirliği / oy çokluğu) ile karar verilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu
Başkanı)
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

.... / / 20....



DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ İŞLETME ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 18/02/2025

Tez Başlığı / Konusu: Taze gıda soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının bulanık DEMATEL bazlı bulanık VIKOR yöntemi ile performans değerlendirmesi: Kenya için bir uygulama”

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 137 sayfalık kısmına ilişkin, 18/02/2025 tarihinde şahsım tarafından TURNİTİN adlı intihal tespit programından (Turnitin)* aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %10 dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dahil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: ABDULRAZAK YASIN MOHAMED
Öğrenci No: 711814016
Anabilim Dalı: İŞLETME
Programı: SAYISAL YÖNTEMLER
Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora

Danışman
(DOÇ. DR. GÜL GÖKAY EMEL, 18.02.2025)

* Turnitin programına Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane web sayfasından ulaşılabilir.

YEMİN METNİ

Doktora tezi olarak sunduğum " **Taze gıda soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının bulanık DEMATEL bazlı bulanık VIKOR yöntemi ile performans değerlendirmesi: Kenya için bir uygulama**" başlıklı çalışmanın bilimsel araştırma, yazma ve etik kurallarına uygun olarak tarafımdan yazıldığına ve tezde yapılan bütün alıntıların kaynaklarının usulüne uygun olarak gösterildiğine, tezimde intihal ürünü cümle veya paragraflar bulunmadığına şerefim üzerine yemin ederim.

Tarih ve İmza

18.02.2025

Adı Soyadı : ABDULRAZAK YASIN MOHAMED

Öğrenci No : 711814016

Anabilim Dalı : Sayısal yöntemler

Programı : İşletme

Tezin Türü : ☐ Yüksek Lisans / ☒ Doktora / ☐ Sanatta Yeterlilik /

ÖZET

Yazar adı soyadı	: ABDULRAZAK YASIN MOHAMED
Üniversite	: Bursa Uludağ Üniversitesi
Enstitü	: Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim dalı	: İşletme
Bilim dalı	: Sayısal Yöntemler
Tezin niteliği	: Doktora
Mezuniyet tarihi	: 25/03/2025
Tez danışmanı	: Doç. Dr. A. Gül EMEL

Taze ürünler veya çabuk bozulan gıdalar, muhafazası zor olan ve meyve, sebze, et, deniz ürünleri ve işlenmiş gıdalar gibi kategorileri içeren gıdalardır. Meyve ve sebzeler genellikle çiğ, taze kesilmiş veya asgari düzeyde işlenmiş olarak tüketilir. Etkili soğuk zincir yönetimi, tüketicilere ulaştırılan taze gıdaların kalitesinin sağlanması açısından hayati öneme sahiptir. Taze meyve ve sebze endüstrisi, dinamik ve oldukça rekabetçi bir sektör olup, özellikle gelişmekte olan ülkelerde kalite sorunları ve gıda güvenliğine yönelik tehditlerle karşı karşıyadır. Yetersiz soğuk zincir altyapısı nedeniyle, gelişmekte olan ülkelerde meyve, sebze ve süt ürünleri de dahil olmak üzere bozulabilir gıdaların %40'ı, tüketicilere ulaşmadan kaybedilmektedir. Gıda kaybı ekonomiye, çevreye, topluma ve gıda güvenliğine zarar verir. Gıda soğuk zincirleri gıda kaybını ve israfını azaltmada önemli bir rol oynar. Soğuk zincir lojistik sistemleri kurmak için önemli miktarda maddi ve finansal kaynak gerektiğinden, firmalar genellikle soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılar ile çalışmaktadırlar. Bu bağlamda, hizmet sağlayıcılar stratejik hedeflere ulaşmaya ve rekabet avantajları elde etmeye yardımcı olur.

Afrika'da çiftçilerin yetiştirdiği gıdanın yaklaşık üçte biri soğutma eksikliği, pazara erişimin zayıf olması ve diğer ilgili faktörler nedeniyle kaybolmaktadır. Meyve ve sebzelerin yıllık gıda kayıplarının %40 ila %50 olduğu tahmin edilmektedir. Bu çalışmada, Bütünleşik Çok Kriterli Karar Verme tekniği kullanılarak Kenya'da soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının seçiminin öznelliği ve belirsizliği analiz edilmiştir.

Bu yaklaşıma dayanarak, tez Kenya'daki taze ürün lojistik hizmet sağlayıcılarını Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemini kullanarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Önerilen üç aşamalı yaklaşım, taze gıda soğuk zincir sağlayıcılarını seçme kriterlerinin sistematik bir literatür incelemesi ve bir uzman toplantısı yolu ile belirlendiği ilk aşama ile başlar. Kriterler, ikinci aşamada bulanık DEMATEL yöntemi ile hesaplama yapılarak ağırlıklandırılır. Üçüncü aşama, bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak alternatif soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesini ve seçilmesini içerir. Çalışmanın analiz bölümünde, taze gıda için lojistik hizmet sağlayıcılarını seçerken performansı etkilemek için 17 farklı kriter kullanılmıştır. Çalışma analiz sonucunda, kriterler ağırlıklarının arasında hizmet kalitesi ve gıda güvenliği (C5), en önemli en önemli faktör olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Soğuk zincir altyapı ve ekipman kapasitesi (C6), hükümet politikası yasaları ve düzenlemeleri (C14) ve risk faktörü (C17) kriterlerin de kritik öneme sahip olduğu belirlenmiştir. Bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak elde edilen sıralama sonuçları, lojistik hizmet sağlayıcıları içinden en iyi alternatifin LSP2 olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: soğuk zincir, lojistik hizmet sağlayıcısı, Kenya, taze gıda, bulanık DEMATEL, bulanık VIKOR

ABSTRACT

Name & surname : ABDULRAZAK YASIN MOHAMED
University : Bursa Uludağ University
Institute : Institute of Social Sciences
Field : Business Administration
Subfield : Quantitative Methods
Degree awarded : PhD
Date of degree awarded : 25/03/2025
Supervisor : Assoc. Prof. A. Gül EMEL

Fresh produce, or perishable foods, is challenging to preserve and includes categories such as fruit, vegetables, meat, seafood, and processed foods. Fruits and vegetables are often consumed raw, freshly cut, or minimally processed. Effective cold chain management is essential to ensure the quality of fresh food delivered to consumers. The fresh fruit and vegetable industry is a dynamic and highly competitive sector that struggles with quality issues and threatens food safety in developing countries. Due to inadequate cold chain infrastructure, up to 40 percent of perishable goods, including fruit, vegetables, and dairy products, are lost before they reach consumers in developing countries. Food loss hurts the economy, the environment, society, and food security. Food cold chains play a crucial role in reducing food loss and waste. As considerable material and financial resources are required to set up cold chain logistics systems, companies often appoint cold chain logistics partners as service providers. In this context, the service providers help to achieve strategic goals and gain competitive advantages.

In Africa, about a third of the food farmers grow is lost due to lack of refrigeration, poor market access, and other related factors. Annual food losses of fruit and vegetables are estimated at 40 to 50 percent. Using an integrated Multicriteria Decision Making technique, this study analyzed subjectivity and uncertainty in selecting cold chain logistics service providers in Kenya.

Based on this approach, the thesis aims to evaluate fresh produce logistics service providers in Kenya using the multicriteria decision-making (MCDM) technique. The proposed three-phase approach starts with the first phase, in which the criteria for selecting fresh food cold chain providers are identified through a systematic literature review and an expert meeting. The criteria are calculated and weighed using the fuzzy DEMATEL method in the second phase. The third phase comprises evaluating and selecting alternative cold chain logistics service providers using the fuzzy VIKOR method and the performance of a sensitivity analysis. In the analysis part of the study, 17 different criteria were used to influence performance when selecting logistics service providers for fresh food. As a result of the study analysis, it was determined that service quality and food safety (C5) were the most important factors among the criteria weights. However, cold chain infrastructure and equipment capacity (C6), government policy laws and regulations (C14) and risk factor (C17) criteria were also determined to be of critical importance. The ranking results obtained using the fuzzy VIKOR method show that LSP2 is the best alternative for the logistics service provider.

Keywords: Cold chain, logistics service provider, Kenya, fresh food, fuzzy DEMATEL, fuzzy VIKOR

ÖNSÖZ

Dersi dönemi ve doktora tezimi yazma ve tamamlama sürecinde bana özveri ile destek olan ve rehberlik eden saygı değerli hocam Doç. Dr. A. Gül Emel en derin ve içten teşekkürlerimi sunuyorum. Değerli hocam sizin adanmışlığı, sabrı ve teşviki, bana doğru yönü gösteren bir ışık oldu. Hocam, bana zamanınızı ve bilginizi cömertçe sundunuz, ne zaman rehberliğe ve tavsiyeye ihtiyacım olsa yanımda oldunuz. Değerli hocamın kritik soruları ve yorumları, bu tezde ele alınan birçok konuyu netleştirmeme yardımcı oldu. Ayrıca, fikirlerimi geliştirmem için bana özgürlük tanıdı ve çözüm aramam konusunda beni teşvik etti. Onun tutkusu, sürekli rehberliği ve desteği olmasaydı, bu çalışmanın gelişimi ve tamamlanması mümkün olmazdı.

Tez izleme jürimin saygıdeğer üyeleri Prof. Dr. Çağatan TAŞKIN ve Prof. Dr. Arzu EREN ŞENARAS'a kıymetli zamanlarını ayırdıkları, değerli geri bildirimleri ve akademik katkıları için en içten şükranlarımı sunarım. Rehberlikleri ve eleştirel bakış açıları yalnızca bu tezin kalitesini artırmakla kalmamış, aynı zamanda akademik gelişimime de büyük katkı sağlamıştır. Tez savunma jürimde yer alan Prof.Dr. Emre Çetin ve Dr.Öğr. Üyesi Ayça Özekin'e destekleri, teşvikleri ve doktora yolculuğumdaki bu önemli dönüm noktasında varlıkları ile beni onurlandırdıkları için teşekkür ederim.

Ayrıca, Bursa'ya ilk geldiğimde bana destek olan ve dostluklarını esirgemeyen arkadaşlarım Emrah Temur ve Dr. Fatih Bilici'ye en içten teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Özel teşekkürlerim ayrıca, Türkiye'de son birkaç yıl boyunca yaşamamı ve eğitim almamı keyifli hale getiren tüm arkadaşlarıma ve ailelerine gidiyor. Türkiye'deki sayısız güzel anılarımızı asla unutmayacağım. Burada kaldığım süre boyunca bana destek olan, ancak hepsini burada ismen zikredemeyeceğim birçok diğer arkadaşlarıma ve tanıdıklarıma da gönülden teşekkür ederim.

Son olarak, başta beni seven ve zaman içinde elimden gelenin en iyisini yapmam için teşvik eden annem, kız kardeşlerim, erkek kardeşlerim olmak üzere herkese teşekkür etmek istiyorum.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	iii
DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU	iv
YEMİN METNİ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLER LİSTESİ	xiii
GRAFİKLER LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİ

1.1. Soğuk Zincir Kavramı	5
1.2. Soğuk Zincir Lojistik Yöntemi	6
1.3. Taze Gıda Soğuk Zincir Lojistiği	8
1.3.1. Taze Gıda Ürün Tanımı	8
1.3.2. Soğuk Gıda Lojistik Özellikleri	14
1.4. Soğuk Tedarik Zincirinin Zorlukları	15
1.5. Soğuk Zincir Lojistiği İşlemler	17
1.5.1. Ön Soğutma Sistemi	19
1.5.2. Soğuk Zincir Taşımacılığı	20
1.5.3. Soğuk Zincir Lojistiğinde Depolama	26
1.5.4. Soğuk Zincir Lojistiğinde Paketleme	29
1.6. Soğuk Zincir lojistiğinde İzlenebilirlik	32
1.7. Gıda Kaybı Ve İsrafı	33

İKİNCİ BÖLÜM

TAZE GIDA LOJİSTİĞİ LİTERATÜRÜ İNCELEMESİ

2.1. Taze Gıda Lojistiği Literatür Araştırması Genel Bilgileri -----	36
2.2. Bozulabilir Gıda Soğuk Zincir Lojistiği İle İlgili Yapılan Çalışmalar -----	39
2.3. Çalışmada Kullanılan Yöntemlerle Gerçekleştirilmiş Çalışmalar -----	77
2.3.1. Bulanık DEMATEL Yöntemi ile Yapılmış Çalışmalar -----	77
2.3.2. Bulanık VIKOR Yöntemi ile Yapılmış Çalışmalar -----	78
2.3.3. Bütünleşik Bulanık DEMATEL ve VIKOR Yöntemi ile Yapılmış Çalışmalar--	78

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK DEMATEL VE BULANIK VIKOR YÖNTEMLERİ

3.1. DEMATEL Yöntemi -----	80
3.2. Bulanık DEMATEL -----	81
3.3. VIKOR Yöntemi-----	85
3.4. Bulanık VIKOR Yöntemi -----	85

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GIDA SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİK HİZMET SAĞLAYICILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: KENYA İÇİN BİR UYGULAMA

4.1. Araştırmanın Önemi ve Amacı -----	89
4.2. Kenya’da Soğuk Zincir Lojistiği -----	90
4.3. Problemin Tanımlanması İçin Seçilen Kenya Taze Gıda Firması -----	91
4.4. Araştırmanın Aşamaları-----	92
4.4.1. Problemin Belirlenmesi -----	92
4.4.2. Gıda Soğuk Lojistik Hizmet Sağlayıcılarının Performans Kriterlerinin Belirlenmesi -----	94
4.4.3. Gıda Soğuk Lojistik Hizmet Sağlayıcılarının (Alternatiflerin) Belirlenmesi-----	97
4.4.4. Verilerin Toplanması-----	98
4.4.5. Bulanık DEMATEL Yöntemi ile Kriterlerinin Ağırlıklandırılması -----	99

4.4.6. Bulanık VIKOR Yöntemi ile Lojistik Hizmet Sağlayıcıların Sıralanması -----	108
TARTIŞMA -----	113
SONUÇ ve ÖNERİLER-----	116
KAYNAKLAR -----	121
EKLER -----	161
EK 1-----	161
ÖZGEÇMİŞ -----	164



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Gıda Tipi Depolama Sıcaklığına Genel Bakış	10
Tablo 2: Çiftçilerden Tüketicilere, Küresel Ortalama Meyve ve Sebze Kayıpları	34
Tablo 3: Gıda Kaybı ve İsraflı Tanımları	35
Tablo 4: Bulanık Değerlendirme Ölçeği	82
Tablo 5: Alternatiflerin Değerlendirilmesi için Dilsel Değişkenler	86
Tablo 6: Çalışmada Kullanılan Kriterler	95
Tablo 7: Soğuk Lojistik Hizmet Sağlayıcıların Bilgileri.....	98
Tablo 8: Değerlemeye Katılan Uzmanların Bilgileri	98
Tablo 9: Uzmanların Değerlendirmelerine Karşılık Gelen Bulanık Değerler	99
Tablo 10: Bulanık Sayılarla Direkt Etki Matrisi	100
Tablo 11: Normalize Edilmiş Doğrudan İlişki Matrisi.....	101
Tablo 12: Toplam İlişki Matrisi.....	102
Tablo 13: D+R ve D-R Değerleri	104
Tablo 14: Kriterlerin Durulaştırılmış Değerleri	105
Tablo 15: Alternatifler İçin Bulanık Karar Matrisi	108
Tablo 16: Durulaştırma Sonuçları	110
Tablo 17: En İyi fj * ve En Kötü fj –Değerler	111
Tablo 18: S, R ve Q Değerleri ve Sıralamaları.....	111

ŞEKİLER LİSTESİ

Şekil 1: Çiftlikten Son Müşteriye Tipik Bir Akış Şeması	18
Şekil 2: Gıda Kaybı ve İsrafı Tanımları Çerçevesi	34
Şekil 3: Üçgensel Bulanık Sayı.....	82
Şekil 4: Uygulama Süreci.....	93



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı	37
Grafik 2: Çalışmaların Veri Yıllarına Göre Dağılımı	38
Grafik 3: Çalışmaların Veri Yıllarına Göre Dağılımı	39
Grafik 4: VIKOR Yönteminin Uygulanmasının Nihai Sonuçları	112



KISALTMALAR

AHP	Analytic Hierarchy Process
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
EAC	East African Community
FAO	Food and Agricultural Organization
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
IATA	International Air Transport Association
LML	Last Mile Logistics
MAP	Modifiye Atmosfer Paketleme
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
MD	Mevcut Durum
RSL	Remaining Shelf Life
SLEM	Shelf-Life Estimation Model
VIKOR	VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
VNS	Variable Neighborhood Search

GİRİŞ

Meyve ve sebzeler çeşitli renkler, tatlar ve dokular sunarak beslenmenin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Sağlık, beslenme ve genel refah üzerinde önemli etkiye sahip olup aynı zamanda gıda güvenliği konusunda da önemli bir paya sahiptir (Berry vd., 2015). Meyve ve sebze gibi gıdalar beslenme açısından olmazsa olmazdır, ancak bozulmaya karşı oldukça hassastırlar ve çabuk bozulurlar. Gelişmekte olan ülkeler özellikle Sahra Altı Afrika, gıda kaynaklı hastalıkların en büyük yükünü taşımaktadır. Bu hastalıkların başlıca kaynakları, hayvansal gıdalar ile taze meyve ve sebzelerdir (Aworh, vd., 2021). Az gelişmiş ülkelerde, meyve, sebze ve süt ürünleri gibi bozulabilir gıdaların yüzde 40'a kadarı, yetersiz soğuk zincir altyapısı nedeni ile müşterilere ulaşmadan önce kaybolmaktadır. Bu kayıplar gıda kıtlığını şiddetlendirmekte, doğal kaynakları tüketmekte ve ekonomik dayanıklılığı zayıflatmaktadır. Taze gıdanın çabuk bozulma özelliği, sıcaklığa duyarlılığı, doğal kaynakların sürdürülemez tüketimi ve mevsimsellik gibi özellikleri ise taze gıda soğuk zincirlerinin kalitesini etkileyen özelliklerdir (Liao vd., 2023).

Gıda güvenliği ciddi bir endişe kaynağıdır, çünkü gıda endüstrisi ve tarımda çeşitli faktörler beslenme ve sağlık üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Bunlar arasında gıda ürünü kaynaklı hastalıklar, doğal toksinler, zoonotik enfeksiyonlar, tarım kimyasallarının dikkatsiz kullanımı, pestisitler ve diğer kimyasallara maruz kalma ile antimikrobiyal direnç yer almaktadır (Aworh vd., 2021). Taze gıdalar, hasattan paketlemeye, dağıtım, pazarlamaya ve satışa kadar geçen raf ömrü boyunca metabolize edilmeye ve besin maddelerini kaybetmeye devam etmektedir (Kitinoja vd., 2013). Gıda üretiminin küreselleşmesi ve gıda kaynaklı hastalıklar tüketicilerin beslenme, üretim tesisleri ve süreçleri konusundaki farkındalığını artırmakta (Godfray vd., 2010), onların tazelik ve izlenebilirlik talebi sonucunda firmalar ürün yelpazelerini de genişletmektedir. Artan kalite ise fiyatları artırmakta ve üretim ile dağıtımı daha zor hale getirmektedir. Hasat sonrası gıda kayıplarının azaltılması, gıda güvenliğini artırırken çevresel etkileri en aza indirmek açısından kritik bir öneme sahiptir (Hodges vd., 2011). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO: Food and Agriculture Organization) göre, dünya genelinde hasat ile perakende satış arasındaki tedarik zincirinde

gıdanın yaklaşık %14'ü israf edilmekte olup, bu durum özellikle daha az gelişmiş ülkeleri orantısız şekilde etkilemektedir. FAO'nun (2011) yılı tahminlerine göre, Sahra Altı Afrika'da üretilen gıdanın %37'ye varan kısmı, üretim ve tüketim arasındaki süreçte kaybolmaktadır. Gıda sektöründe gıda kayıpları ve israfı, Avrupa'da %13 seviyesindeyken az gelişmiş ülkelerde %30-40 arasında değişmektedir (Wakeford vd., 2015).

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,1 milyarın üzerine çıkacağı öngörülmektedir. Bu demografik artışın sürdürülebilir şekilde karşılanabilmesi için gıda üretiminin %70 oranında artırılması gerekmektedir (FAO, 2009). Her yıl 1,3 milyar tondan fazla gıda kaybolmakta veya israf edilmektedir; bu miktar, dünya genelinde üretilen toplam gıdanın üçte birine karşılık gelmektedir (Amicarelli, 2021). Dünya genelinde her yıl yaklaşık bir trilyon dolar değerinde gıda kaybı veya israfı yaşanmaktadır (Ishangulyyev vd., 2019). Gıda kaybı ekonomiyi, çevreyi, toplumu ve gıda güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Gıda soğuk zincirleri, gıda kaybı ve israfının azaltılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Yanlış soğutmanın, küresel gıda kaybının yaklaşık %20'sinin temel nedeni olduğu tespit edilmiştir (Dupont vd., 2024). Bu, gıda ürünlerinin korunmasını ve kalitesini sağlamak için soğuk zincir boyunca uygun sıcaklık kontrolünün sürdürülmesinin önemini vurgulamaktadır. Endüstri, tedarik zincirinde soğutmayı etkili bir şekilde yöneterek gıda kaybını önemli ölçüde en aza indirebilir ve daha sürdürülebilir ve verimli bir gıda sistemine katkıda bulunabilir. Üretimden dağıtıma kadar taze gıda soğuk zincirleri, taze gıdayı çiftlikten sofraya taşıyan çeşitli operasyonları kapsamaktadır. Taze gıda lojistiği, düşük sıcaklık koşullarını koruyabilmek için soğutucu ve dondurucu bölmelere sahip dağıtım araçlarını içermektedir (Mercier vd., 2017).

Gıda soğuk zinciri, öncelikli olarak bozulabilir gıdaların kalitesini korumak için kullanılan özel bir soğuk zincir türüdür. Soğuk tedarik zinciri, taze gıdalar da dahil olmak üzere düşük sıcaklıklarda depolanan ürünlerin kalitesini güvence altına alır ve teslimat ile taşıma sürecinde belirli bir sıcaklığın korunmasını sağlamaktadır. Ürünlerin kalite standardı, teslimat süresi ile doğrudan ilişkili olup, dağıtım araçlarının ürünleri dağıtım merkezinden nihai tüketicilere belirlenen zaman dilimi içerisinde ulaştırması gerekmektedir (Kuo ve Chen, 2010). Firmalar, temel faaliyet alanlarına odaklanabilmek amacı ile lojistik süreçlerini dış

kaynak kullanımına yönlendirmektedir (Oliveira, 2017). Soğuk zincir lojistik sistemini kurmak için önemli miktarda maddi ve finansal kaynağa ihtiyaç duyulduğundan, firmalar genellikle soğuk zincir lojistik ortaklarını hizmet sağlayıcı olarak görevlendirmektedir. Bu doğrultuda, dış kaynak kullanımı stratejik hedeflere ulaşmalarına ve rekabet avantajı elde etmelerine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, lojistik hizmet sağlayıcıları olarak adlandırılan ve bu alanda uzmanlaşmış firmaların bilgi ve deneyiminden faydalanmaktadır. Bu karmaşık sistem, soğuk zincir boyunca değerin ve performansın iyileştirilmesini, paydaşların entegrasyonunu ve altyapının stratejik olarak uygulanmasını içermektedir (Cerchione vd., 2018).

Bir doğu Afrika ülkesi olan Kenya'nın taze ürün sektörü, son yirmi yıldır ülkenin GSYİH büyümesine en fazla katkıda bulunan sektörlerden biri olmuştur. Tarım sektörü, Kenya'nın ekonomik büyümesinde temel bir itici güç olup, birçok gelişmekte olan Afrika ülkesinde de benzer bir rol üstlenmektedir. Meyve, kesme çiçek ve sebzeleri içeren bahçecilik alt sektörü, süt ürünleri ve çaydan sonra üçüncü tarımsal GSYİH büyümesine en büyük katkıyı sunmaktadır. Soğuk tedarik zincirinin varlığı ve iyileştirilmesi, gıda israfının azaltılmasına ve besleyici gıdaya eşit erişimin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

Kenya'da, özellikle meyve ve sebze kalitesini ihracatçılara göstermek isteyen üreticiler için sıcaklık kontrollü depoların oluşturulmasına yönelik artan bir ilgi bulunmaktadır. Bazı firmalar israfı ve ürün kaybını azaltmaya yönelik çaba gösterse de, bu alanda hala önemli bir çözüm ihtiyacı mevcuttur. Bozulabilir ürünlerin tazeliğini koruyabilmek için en kritik faktör, uygun nakliye ve soğuk depolama sistemleridir. Ancak, bazı ülkelerde soğuk zincir sistemi ve hizmet sağlayıcıları yeterince gelişmiş değildir. Afrika'da çiftçilerin ürettiklerinin yaklaşık üçte biri, soğutma eksikliği, pazara erişimdeki zorluklar ve diğer ilgili faktörler nedeni ile kaybolmaktadır. Meyve ve sebzelerde yıllık gıda kayıplarının %40 ila %50 arasında olduğu tahmin edilmektedir.

Bu çalışmada, Kenya'da soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının seçiminde karşılaşılan öznellik ve belirsizlik, bütünsel bir karar verme tekniği kullanılarak ele alınmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde, soğuk zincir, taze ürün lojistik yönetimi ve taze ürün lojistik süreci kavramlarına ilişkin genel bilgiler sunulmuştur. Gıda lojistiği bağlamında, taze gıda lojistik hizmet sağlayıcılarının seçiminin önemi tartışıldıktan sonra, çalışmanın merkezinde yer alan gıda kaybı ve israfı konularına değinilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, taze ürün lojistik hizmet sağlayıcılarının seçiminde dikkate alınan performans kriterlerine yönelik literatür incelemesi gerçekleştirilmiş ve ilgili çalışmalar, kullanılan veri tabanları ve yöntemler doğrultusunda kategorize edilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. İlk olarak, bulanık mantık yöntemi açıklanmıştır. Daha sonra, kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacı ile kullanılan DEMATEL ve bulanık DEMATEL yöntemleri detaylandırılmıştır. Ardından, taze gıda lojistik hizmet sağlayıcılarının sıralanması için çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinden biri olan bulanık VIKOR yöntemi ele alınmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümü, çalışmanın amacı, uygulama süreci ve uygulama sonuçlarından oluşmaktadır. Çalışmanın amacının açıklanmasının ardından, üç aşamadan oluşan uygulama süreci sunulmuştur. Uygulama sürecinin ilk aşamasında, nitel araştırma yapılmıştır. Bir Kenya soğuk zincir lojistiği firması ile yapısal olmayan görüşme yapılmış sektör ve süreç konusunda bilgi alınarak problem tanımlanmıştır. Sonra ilgili uzmanlarla taze ürün lojistik hizmet sağlayıcılarının performans ölçümü için seçim kriterleri belirlenmiş, veri toplama sürecinde de kriterlerin daha geniş uzman grubundan ağırlıklandırılmaları toplanmıştır. Yine veri toplama sürecinde uzmanlardan firmalar için yaptıkları değerlendirmeler toplanmıştır. İkinci aşamada, kriter ağırlıklarının belirlenmesi için bulanık DEMATEL yöntemi uygulanmıştır. Üçüncü aşamada ise bulanık VIKOR yöntemi kullanılarak uygun lojistik hizmet sağlayıcıları sıralanmıştır. Son olarak, uygulama sürecinin tamamlanmasının ardından elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİĞİ

Gıda ürünleri bozulabilir ve kısa raf ömrüne sahip olduğundan, gıda tedarik zincirlerinin yönetimi çoğu diğer ürüne göre daha karmaşık ve zordur. Günümüzün değişen dünyasında, özellikle gıda endüstrisinde soğuk zincir giderek daha önemli hale gelmektedir. Dünya çapında taze gıda arzının sürdürülebilmesi büyük ölçüde lojistiğe bağlıdır. Tedarik zinciri performansı, ekonomilerin ve işletmelerin rekabet gücünü gösteren stratejik bir faktördür ve ekonomik büyüme ile istihdam yaratılmasında katalizör görevi görmektedir. Değişen küresel ekonomide, özellikle taze tarım ürünleri, işlenmiş gıdalar, kimyasallar, askeri hizmetler ve tıbbi aşılarda sıcaklık kontrollü sanayi ürünlerine olan talep çarpıcı biçimde arttığından, soğuk tedarik zinciri son derece önemli hale gelmiştir. Bu kısımda soğuk zincir lojistiği ile kavramlar incelenenektir.

1.1. Soğuk Zincir Kavramı

Soğuk zincir, üretimden başlayarak taşıma, depolama, dağıtım ve son tüketiciye ulaştırma aşamalarında sıcaklığın kontrol altında tutulduğu bir tedarik zinciri türüdür (Bamakan vd., 2021). Soğuk zincir, çeşitli gıda, ilaç ve kimyasal ürünleri bozulmadan, uygun olmayan sıcaklık, nem, ışık veya belirli kirleticilerden koruyarak donmuş, soğutulmuş ve taze tutan bozulabilir bir mal tedarik zinciridir.

Soğuk zincir sistemi, bozulabilir ürünlerin kalitesini korumak için düşük sıcaklık gerektiren ve zaman, sıcaklık ile tolerans faktörlerine dayanan özel bir tedarik zinciridir (Wang vd., 2018). Bozulabilir ürün tedarik zincirlerinde yer alan firmalar ise karmaşık ve yaygın tedarik ağları, belirsiz hava koşulları ve taze gıdaların daha kısa raf ömrü nedeni ile belirli lojistik risklere maruz kalmaktadır (Ali vd, 2018).

Soğuk zincir sistemi çoğunlukla gıda, ilaç ve kimyasalların taşınması ile ilgilidir. Bu ürünlerin belirli sıcaklık aralıklarında tutulması ve taşınması gerekmektedir. Nakliye ve depolama sırasında belirli sıcaklık gereksinimleri olan farklı ürün sınıfları tanımlanabilir. Bunlar arasında et, süt ürünleri, meyve ve sebzeler, donmuş gıdalar, çiçekler ve bitkiler gibi gıda ürünleri ile kimyasallar, ilaçlar ve diğer tıbbi ürünler yer almaktadır. Soğuk zincir sistemi, aşağıda verilen sektörlerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Brzozowska vd., 2016; Bamakan vd., 2021):

- Sebzeler ve meyveler
- Çiçekçilik
- Deniz ürünleri ve et ürünleri
- İlaç endüstrisi için ürünler
- Sütten elde edilen ürünler
- Şekerleme ve dondurma

Soğuk depo, soğuk zincir lojistik sisteminin merkezidir. Soğutma, ön soğutma, dondurma ve soğuk depolama işlemlerini kapsar. Gıdaların korunması açısından soğutma, mevcut yöntemler arasında en etkili yöntem olup, kalite ve raf ömrü açısından alternatifsizdir. Gıda taşıma sistemi, taze ve ham gıdaların uzak bölgelere taşınmasını sağlarken kalite ve raf ömrünün korunması amacı ile taşıma kanallarının -4°C ile 4°C arasında tutulmasını gerektirmektedir (Adekomaya vd., 2016). Tarımsal taze gıda tedarik zinciri ürünlerin sınırlı raf ömrü, ürünlerin çabuk bozulabilirliği, uzun üretim süreleri, mevsimsel üretim değişkenliği, şartlandırılmış taşıma ve depolama gereksinimi ile güvenlik endişeleri gibi çeşitli özelliklere sahiptir (Kuo vd., 2010).

1.2. Soğuk Zincir Lojistik Yöntemi

Soğuk tedarik zincirlerinin yapısı, geleneksel tedarik zincirlerine çok farklı değildir, ancak ürün dağıtımı için yeterli sıcaklık ve nem koşullarının sağlanması çok önemli bir bileşendir. Soğuk zincir hem nakliye hem de depolamayı içeren kontrollü bir sıcaklıkta öğeleri dağıtmanın bir yoludur. Soğutulmuş ve dondurulmuş gıdaların güvenliğini ve kalitesini

korumak için sıkı bir soğuk zincir yönetimi gerekmektedir. Soğuk tedarik zinciri ifadesi, operasyonları ve faaliyetleri yolu ile bozulabilir gıdalar için sıcaklık kontrolü sağlayan bir tedarik zincirini ifade etmektedir (Shabani vd., 2015). Verimli ve etkili bozulabilir gıda sevkiyatlarının planlanması, yürütülmesi ve dağıtımı, gıda kayıplarının azaltılması ve müşteri siparişlerinin zamanında karşılanması, soğuk tedarik zinciri yönetiminin üç temel aşamasını oluşturur. Bozulabilir mallarda, özellikle gıda ürünlerinde, kalite zamanla düşmektedir. Bu durum, söz konusu ürünlerin çevresel sıcaklığa bağlı olarak hızlanan kimyasal reaksiyonları sürdürmesinden kaynaklanmaktadır. Dondurma/soğutma, paketlenme, soğuk hava deposunda depolama, tedarikçi deposuna taşıma, dağıtım merkezine taşıma, perakende noktasına taşıma ve müşteri hizmetleri, tipik bir soğuk zincir yönetiminin bileşenleridir (Asadi ve Hosseini, 2014). Sıcaklık kontrollü ürünlere, özellikle meyve ve sebzelere yönelik talepteki önemli artış nedeni ile soğuk zincir yönetimi veya soğuk zincir lojistiği büyük bir öneme sahiptir. Meyve, sebze, süt ürünleri, et ve balık gibi bozulabilir ürünler, tedarik zinciri boyunca uygun sıcaklık koşullarında soğutulmalı veya dondurulmalıdır. Yetersiz soğutma, bozulabilir ürünlerin uygun sıcaklık aralığında tutulmamasına yol açarak patojenlerin ve bozulmaya neden olan bakterilerin üremesini hızlandırabilir ve ürünlerin tüketilemez hale gelmesine neden olabilir (Akinsemolu ve Onyeaka, 2024).

Teknik gelişmeler ve artan enerji verimliliği nedeni ile soğuk zincir lojistiği geniş çapta çekici hale gelmiştir. Hasat sonrası işleme, soğuk depolama ve nakliye, soğutmalı veya soğuk işleme ve perakende ve evde soğutma, genel soğuk zincir süreçlerine örnektir (Montanari, 2008). Soğuk zincir boyunca, üretim noktasından işlemeye, nakliye ve depolamanın her adımından satış noktasına kadar tutarlılık sağlanmalıdır (Salin ve Nayga, 2003). Soğuk zincir dağıtım sisteminin başarısızlığı, belirlenen zaman dilimi içerisinde lojistik hedeflere ulaşılabilmesi olarak tanımlanmakta olup, bu başarısızlığa yol açan tüm doğrudan nedenler aşağıdaki gibi analiz edilmektedir (Zhang, 2020):

- Teslimatta gecikme: Kargonun belirtilen süre içerisinde belirtilen yere teslim edilmemesi

- Yetersiz miktar ve çeşitlilik: Sıralama hataları veya bilgi hataları, müşteri talebini karşılayacak sayıda veya çeşitte ürün olmamasına neden olması
- Uygun olmayan ürünler: Nakliye veya depolama sırasında sıcaklık ve nem dikkatli bir şekilde yönetilmez veya farklı ürünler arasındaki çapraz bulaşma nedeni ile ürün bozulur ve taze tarım ürünlerinin lojistik kayıplarına neden olabilir

Soğuk zincir, coğrafi açıdan aşağıdaki etkilere sahiptir (Rodrigue ve Notteboom, 2014):

- Küresel: Sıcaklığa duyarlı gıdaların uzak pazarlara taşınmasına izin veren tarımsal işlevlerin küreselleşmesi
- Bölgesel: İmalatta uzmanlaşmaya ve ölçek dağıtım ekonomilerine yardımcı olabilir. Bölgesel gıda pazarlarına hizmet veren büyük soğuk depolama tesisleri veya sıcaklığa duyarlı bileşenlerin değiş tokuş edildiği özel laboratuvarlar buna örnektir
- Yerel: Bakkallar ve restoranlar gibi son kullanıcılara bozulabilir ürünlerin zamanında dağıtımı

Bozulabilirlik, gıda tedarik zincirinin yönetimini geleneksel tedarik zincirine kıyasla daha karmaşık hale getirmekte ve kayıplara karşı daha hassas kılmaktadır (Behzadi vd., 2018). Uzun süreli depolama, sert paketlenme, olumsuz çevresel koşullar ve nakliye kesintileri, bu tür ürünlerin bozulma ve hasar görme riskini artırmaktadır (Pahl ve Vob, 2014). Bu nedenle, bozulabilir ürünlerin tedarik zincirinin yönetimi özel dikkat ve ileri teknoloji kullanımını gerektirmektedir (Shukla ve Jhakharia, 2013). Kumar vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, bozulabilirliğin üretim ve dağıtım planlamasına etkisini ele alan sınırlı sayıda modelleme çalışması bulunduğu belirtilmektedir. Ayrıca, stok yönetimi literatüründe bozulabilirlik konusunun yoğun bir şekilde araştırıldığını vurgulanmaktadır.

1.3. Taze Gıda Soğuk Zincir Lojistiği

1.3.1. Taze Gıda Ürün Tanımı

Ürün bozulabilirliğini etkileyen kimyasal ve biyolojik faktörleri anlamakla ve tedarik zinciri boyunca gerekli sıcaklığı izlemek ve sürdürmek için teknolojik araçlarla ilgilidir (Rodrigue

ve Notteboom, 2017). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne göre, insan kullanımı için üretilen tüm gıdaların yaklaşık üçte biri kaybolmakta veya israf edilmektedir (Gustavsson vd., 2011). Gıda ve içerik tedarikinin küreselleşmesi nedeni ile örneğin gıda üretimi ve perakende sektöründe sadece birkaç büyük oyuncu olmasına rağmen, soğuk zincirde yer alan birçok aktör vardır (Brenner, 2015). Gıda tedarik ağları, bunun bir sonucu olarak çok sayıda karmaşık ilişkilerle iç içe geçmiş sistemler haline gelmiştir (Trienekens ve Zuurbier, 2008). Üretilen ancak insan tüketimi için kullanılmayan gıda, doğal kaynakların israfı olarak nitelendirilmektedir. Gıda kaybının, üretimden perakende rafına ve tüketici buzdolabına kadar tedarik zinciri boyunca ortalama %30 olduğu tahmin edilmektedir (Escaler ve Teng, 2011). Bazı gıda ürünleri tüketiciye ulaşmadan önce bozulabilir. Bu nedenle gıda tedarik zinciri yönetiminin bir parçası olarak soğutma teknolojilerini kullanılmaktadır.

Depolama ve dağıtım boyunca gıda koşullarının kontrol edilmesi, özellikle taze meyve ve sebzeler tüm gıda atıklarının yarısını oluşturduğunda, bu kayıpların önlenmesinde kritik öneme sahiptir (Stenmarck vd., 2016).

Kittipanya-ngam vd. (2010), gıda tedarik zincirini etkileyen gıda piyasasının üç ana özelliğini tanımlamaktadır: talep belirsizliği, müşteri siparişi teslim süresi ve tedarik zinciri tedarik süresi. Sınırlı ömürleri nedeni ile bozulabilir ürünler için tedarik zinciri sağlama süresi kısadır. Ayrıca bu pazardaki perakende müşteriler, müşteri siparişi için kısa bir teslim süresine ihtiyaç duyulmaktadır (Kaipia vd., 2013).

FAO çalışması, dünyanın çeşitli yerlerinde çeşitli tarımsal gıdalar için gıda kayıplarını tahmin etmiştir (Brenner, 2015). Ticari gıda sisteminin her düzeyi için, meyve ve sebzeler için ortalama olarak kayıp oranları Tablo 1. den bulunabilir.

Tablo 1: Gıda Tipi Depolama Sıcaklığına Genel Bakış

Bozulabilirlik gıda türü	Optimum sıcaklık aralığı
Meyve ve Sebzeler	
Düşük sıcaklık (elma, yaban mersini, havuç, marul vb.)	0 °C ila 2 °C
Orta sıcaklık (karambola, kavun, kabak vb.)	6 °C ila 9 °C
Yüksek sıcaklık (muz, salatalık, greyfurt vb.)	12 °C ila 16 °C
Soğutulmuş Gıda	
Taze et	-1,5 °C
Et ürünleri	-2 °C
İşlenmiş et	-2 °C
Kümes hayvanları	-1,5 °C
Balık	Eritme buzunda (0 °C ila -0,5 °C)
Süt ürünleri	0 °C ila 2 °C
Dondurulmuş Gıda	
Dondurulmuş tereyağı	-20 °C veya daha soğuk
Derin Dondurulmuş Gıda	
Et	-25 °C veya daha soğuk
Kümes hayvanları	-24 °C veya daha soğuk
Balık	-29 °C veya daha soğuk
Meyveler ve konsantre meyve suları	-18 °C veya daha soğuk
Sebzeler	-18 °C veya daha soğuk

Kaynak: Mercier vd. 2017.

Tüm gıdaların yaklaşık %40'ının soğuk zincir gerektirdiği ve küresel enerji tüketiminin yüzde 15'inin soğuk zincirleri korumak için kullanıldığı tahmin edilmektedir, bu nedenle soğuk zincir enerji tüketimini azaltmak büyük bir endişe kaynağıdır. Bozulabilir ürünlerin dağıtımında veya özellikle gıda tedarik zincirlerinde temel amaçlardan biri, ürünlerin ihtiyaç alanlarına ulaştırılırken tazeliğini sağlamaktır. Bu yönün ağına yanıt verebilirliği üzerinde doğrudan bir etkisi vardır. Ürünler zamana duyarlı olduğundan, zamanla değer kaybeder. Bu gerçeği göz önünde bulundurarak, lojistik sistem yöneticileri için avantajlı bir dağıtım ağı seçimi kritik bir faktördür. Bu nedenle gıda tedarik zincirlerinde malların kalitesine daha fazla önem verilmekte ve sevkiyat süresinin en aza indirilmesi veya teslimat süresinde ürünlerin kalitesinin en üst düzeye çıkarılması düşünülmelidir (Musavi ve Bozorgi Amiri, 2017). Bozulabilir gıdalar sürekli bozulur ve son kullanma tarihleri vardır. Perakendeye ulaştıklarında ortalama kaliteleri, kalan depolama sıcaklığı ve kalan satış süresi ile ölçülürken, ürünün tazeliği zaman birimleri ile ölçülür (Yakavenka vd., 2020).

Gıda tedarik zinciri yönetimi, sadece gıda güvenliğini değil, aynı zamanda dolandırıcılık ve kalite endişelerini de kapsar (Aung ve Chang, 2014). Modern işletmeler, bir gıda ürününün tarihini takip edebilmeli ve tedarik zincirindeki hareketi ile ilgili tüm bilgileri şeffaf ve güvenli bir şekilde toplayabilmelidir (Dabbene vd., 2014). Tedarik ağlarını hem organizasyonel hem de teknolojik olarak geliştirmek için birçok tanınmış firma, gıda tedarik zincirinde blok zincir teknolojisinin uygulanması konusunda ortaklık kurmuştur (Abeyratne ve Monfared, 2016). Maliyet, kalite, hız, güvenilirlik, risk azaltma, sürdürülebilirlik ve uyarlanabilirlik, blok zincirinin etkileme potansiyeline sahip olduğu önemli hedeflerdir. Sektörün büyüklüğü, dünya çapında üretilen gıda atığı miktarı ve gıda atığı ile küresel yetersiz beslenme arasındaki bağlantı nedeni ile gıda tedarik zinciri yönetimi kritik bir konudur (Parfitt vd., 2010). Artan dünya nüfusu nedeni ile küresel gıda ve gıda perakende işi son yıllarda muazzam genişlemiş ve 2020 yılına kadar 12,24 trilyon USD'ye ulaşacağı tahmin edilmiştir (Yakavenka vd. 2020). Bu, dünya çapındaki lojistik endüstrisinde, en ciddi riskler gıda atığı ve ekolojik sorunları olmak üzere, kendi riskleri ve tehlikeleri ile birlikte gelen bozulabilir ürünler için lojistik pazarında bir artışa yol açmaktadır. FAO (2011)'ya göre, insan tüketimi için üretilen tüm meyve ve sebzelerin yaklaşık yarısı, küresel gıda tedarik zincirinde kaybolmakta veya israf edilmektedir. Bu ürünlerin ortalama kalitesi, perakendeye ulaştıklarında kalan depolama sıcaklığı ve satış süresi ile belirlenirken, ürünün tazeliği zaman birimleri ile ölçülmektedir. Kullanılan mod sayısı ve ağ düzeni, çıkıştan varış noktasına kadar teslim süresini etkilediğinden ve nakliye sürecinde rotanın coğrafi uzunluğu ürün kalitesini etkileyebileceğinden, bozulma oranı değerleri değişebilir (Tuljak-Suban ve Suban, 2015).

Gıda, yaşamı sürdürmek için enerji ve besin olarak önemlidir. Bu nedenle tüketiciler ürünlerin kalitesini ve güvenliğini talep etmektedir (Fung vd., 2018). Deli dana hastalığı, genetiği değiştirilmiş gıdalar, toksik süt tozları ve siper yağı gibi çeşitli gıda güvenliği olayları ve skandalları, son yıllarda gıda sektöründeki müşteri güvenini sarsmıştır (Aung ve Chang, 2014; Xiao vd., 2012). Gıda güvenliği, gıdaları insan sağlığına zarar verebilecek veya risk oluşturabilecek biyolojik, kimyasal ve diğer kirleticilere karşı koruyabilme durumunu ifade etmektedir (Crimmins vd., 2016). Ürün kayıpları, enerji tüketimi, işletme giderleri, soğutma sistemi bakımı ve kaybedilen zaman harcamalarının tümü, tedarik

zincirinin rekabet gücünü artırmaya yardımcı olabilir (Joshi vd., 2011). Araştırmacılar, gıda güvenliğine ilişkin düzenlemeler ve tüketici bilinci arttıkça gıda tedarik zincirlerini incelemeye yöneltmektedir (Kuo ve Chen, 2010). Bu sistem, ürün kalitesini yüksek tutmak için uygun sıcaklık ayarlarından yararlanır (Shashi vd., 2018). Depolarda veya tüketici soğuk hava depolarında yükleme ve boşaltma öncesi ve sonrasında sıcaklık kontrolü sorunları ortaya çıkabilir (Mercier vd., 2017). Gıda güvenliği ihlallerinin insan sağlığı üzerinde önemli bir etkisi vardır ve çiftçiler ve işletmeler için mali kayıplara neden olur (Maruchek vd., 2011). Ürünler zamana duyarlı olduğu için zamanla değeri düşer. Bu gerçeği göz önünde bulundurarak, avantajlı bir dağıtım ağı seçimi, bir lojistik sistem yöneticisi için kilit bir faktördür. Bu nedenle gıda tedarik zincirlerinde daha çok malların kalitesine odaklanılmakta ve teslimat süresinde sevkiyat süresinin en aza indirilmesi veya ürünlerin kalitesinin en üst düzeye çıkarılması düşünülmelidir.

Gıda dağıtımı yapılırken ürünlerin kalitesi, tazeliği ve zararı göz önünde bulundurulmalıdır. Ürünlerin dağıtımı sırasında sıkı kontroller uygulanmazsa, gıda mikroplara karşı hassas olacak, bozulmayı hızlandıracak, ürün kalitesini bozacak ve müşterilerin sağlığını tehlikeye atacaktır. Dağıtım işlemi sırasında ürünün sıcaklık ve nemi belirli bir aralıkta kalmalıdır. Bu olmazsa, teslim edilen ürünle ilgili müşteri memnuniyeti azalır (Chen vd., 2020). Maliyet, taze gıda soğuk zinciri üzerinde yadsınamaz bir etkiye sahiptir. Taze gıda soğuk zincirinin önündeki en önemli engeller depolama ve nakliye. Depolama ve nakliye süreçlerini ayırmak zordur çünkü taze gıda ürünleri, taşınmış olsun ya da olmasın, her zaman düzgün bir şekilde saklanması gerekmektedir. Gıda dağıtım merkezleri, gıda tedarik zincirinin bir parçası olarak gıda merkezlerine ve süpermarketlere gıda tedarik etmenin yanı sıra gıda ve diğer ürünleri taşır ve depolar. Gıda dağıtımı, özellikle gıda kalitesini sağlamak için zaman alır, bu nedenle doğru dağıtım kanallarını seçmek çok önemlidir. Gıda tedarik ağları ile diğer öğeler arasındaki temel farklar, zincirin tepesinden en altına gıda kalitesinde büyük ve sürekli bir değişimdir (Bloemhof ve Soysal, 2016). Gıda kalitesi, özellikle taze gıda, her zaman tutarlı değildir ve birçok durumda sifra ulaşana kadar zamanla bozulma eğilimindedir (Osvald ve Stirn, 2008). Bir ürün aşağıdaki kriterlerden en az birine uyuyorsa, bozulabilir: 1) gıdanın kalitesi veya miktarı belirgin şekilde düşer 2) işlevsellik kaybının ciddi etkileri

vardır veya 3) gıdanın değeri zamanla düşer (Amorim vd., 2013). Örneğin gıda ürünleri, kalitelerinin yalnızca üretim ve depolama sırasında değil, aynı zamanda dağıtım sırasında da hızla bozulduğu bilindiği için sıklıkla bozulabilir olarak kabul edilir (Govindan vd., 2014). Müşterilere taze ürünlerin teslimi, gıda tedarik ağlarının hayatta kalması ve performansı için kritik öneme sahiptir (Musavi ve Bozorgi-Amiri, 2017). Bu bağlamda, diğer herhangi bir tedarik zinciri gibi bozulabilir bir gıda tedarik zincirinin mimarisi çok önemlidir (Babazadeh ve Sabbaghnia, 2018). Bozulabilir ürünler söz konusu olduğunda iki sınıfa ayrılabilir (Chen vd., 2019): (1) kan veya hazır beton gibi belirli bir raf ömrüne sahip mallar (2) yiyecekler, sebzeler, çiçekler ve canlı hayvanlar gibi zamanla bozulan maddeler. Taze yiyecekler, çabuk bozulan maddelere bir örnektir. Bozulabilir gıdalar, üretimden sonra hızla değerini veya kalitesini kaybeder teslimat sırasında bozulmaya devam etmektedir. Artan gıda talebi, çevresel bozulma, hasat sonrası kayıplar ve kaynak eksikliği, gelişmekte olan ülkelerdeki gıda tedarik zinciri tasarımcılarını ve karar vericilerin ekonomik ve çevresel sorunları birleştirmeye zorlamaktadır. Bozulabilir ürünler, bilinen ekonomik yönlerine ek olarak sosyal ve çevresel etkileri olabilen özel taşıma önlemleri gerektirir. Artan küreselleşme, dünya çapındaki firmaların yalnızca fiyat ve ürün kalitesi konusunda değil, aynı zamanda teslimatların güvenilirliği konusunda da rekabet etmesi anlamına gelmektedir. Artan gıda talebi, çevresel bozulma, hasat sonrası kayıplar ve kaynak eksikliği, gelişmekte olan ülkelerdeki karar vericilerin gıda tedarik zincirinin tasarımına ekonomik ve çevresel hususları dahil etmelerine neden olmaktadır.

Küresel gıda talebinin 2030 yılına kadar %50 oranında artacağı ve bunun da üretim ve ulaşım kaynaklarına yönelik talebin artmasına neden olacağı tahmin edilmektedir (Bruinsma, 2017). Küresel olarak, her yıl üretilen yaklaşık 1,3 milyar ton gıda israf edilmekte veya kaybedilmektedir (FAO 2011; Gustavsson vd., 2011).

Lojistik ağının tasarımı, ürün akışlarına yansıyan ve taze tarımsal ürün zincirinin performansını etkileyen farklı tedarik, depolama ve dağıtım süreçleri ile sonuçlanır. Özellikle, mevsimsel değişimlere sahip bozulabilir gıda tedarik zincirinde, arz ve talep arasında geçici bir dengesizlik meydana gelir, bu da emtia akışlarının dengesini etkiler ve kayıpları, maliyetleri ve tepki vermeyi etkiler (Orjuela vd., 2021).

Tarım-gıda sektörü, muhtemelen emtiaların dayanıksızlığının karar vermeyi en çok etkilediği sektördür. Tarımsal gıda tedarik zincirleri genellikle küçük miktarlardaki sık müşteri siparişleri, teslimatlar için dar zaman pencereleri ve verim ve talep belirsizliği ile karakterize edilir. Bu nedenle, hesaplama açısından bakıldığında, ilgili optimizasyon modellerinin kesin yöntemler kullanılarak çözülmesi genellikle son derece karmaşıktır ve makul bir sürede iyi çözümleri belirlemek için sezgisel nicel yaklaşımlar gereklidir (Mirabelli ve Solina, 2022).

1.3.2. Soğuk Gıda Lojistik Özellikleri

Gıda soğuk zinciri, diğerleri arasında satın alma, işleme, depolama, nakliye, satış ve tüketim gibi çeşitli bağlantılara ayrılmakta aynı zamanda kaliteyi sağlamak için üretimden tüketime kadar tüm tedarik zincirini kapsayan bir sistem oluşturulmaktadır (Jie, 2010). Bilimsel olarak organize edilmiş yönetimle birleştirilmiş gıda depolama teknolojisi, gıda kalitesini sağlamak için etkili bir önlemdir.

Gıda güvensizliği, belirtilen ana konulara ek olarak, özellikle taze meyve ve sebzeler için verimsiz dağıtım ve depolama sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Biyokimyasal reaksiyonlar ve mikroorganizmaların neden olduğu bozulma ile bağlantılı olduğundan, sebze ve meyve ürünleri için hasat sonrası depolama esastır (Ashrae, 2014).

Bu gerçek, iklim değişikliği ve nüfus büyüklüğü gibi diğer faktörlerin yanı sıra gıda krizine de katkıda bulunmaktadır. Sağlıklı, mantıklı bir gıda soğuk zincir yönetim sisteminin geliştirilmesi, donanım tesislerinden, yönetim önlemlerinden, kurallar ve düzenlemelerden ve diğer birçok faktörden oluşan bir iş birliğini gerektiren uzun vadeli bir süreçtir (Jie, 2010).

Uluslararası Soğutma Enstitüsü (IIR, 2018), küresel gıda üretiminin %25-30'unun soğutma eksikliği nedeni ile kaybolduğunu tahmin ediyor. Gıda kayıpları ve israfı, gıda tedarik zincirinin her aşamasında gelişmiş ve gelişmekte olan bölgelerde farklı şekilde dağılmaktadır.

Dondurulmuş gıdalar, değişen müşteri talepleri ve modern yaşam tarzlarının bir sonucu olarak daha yüksek talep görmektedir. Dondurulmuş gıdalar, her biri kendi saklama gereksinimlerine sahip üç kategoriye ayrılır: Dondurulmuş deniz ürünleri (-28 ila -30

santigrat derece), donmuş et (-16 ila -20 santigrat derece) ve soğutulmuş meyveler, sebzeler ve taze etler (2 ila 4 santigrat derece). Ürün kalitesini korumak için bazı ürünlerin belirli sıcaklıklarda saklanması gerekir (Rodrigue ve Notteboom, 2014b).

Tarladan, çiftlikten veya su birikintisinden hasat sonrası zincir yolu ile nihai tüketiciye kadar bozulabilir gıdaların yönetimi, bütünleşik bir soğuk zincirin parçasıdır. Gıda tedarik zincirinin çeşitli aşamalarında gıda kaybolur veya israf edilir (Widell, 2019):

- Üretim ve hasat: Tarım ürünleri ve mahsuller zarar görebilir veya dökülebilir, hayvanlar ölebilir veya hastalanabilir, hayvan hastalıkları nedeni ile süt kaybedilebilir ve balıklar atılabilir.
- Üretim sonrası işleme: depolama, nakliye ve diğer hasat sonrası faaliyetler sırasında bozulma. Sebepler arasında yüksek sıcaklıklar, bakteriyel enfeksiyonlar, küf, haşereler, böcekler vb. sayılabilir.
- İşleme: yıkama, soyma, kesme, konserve, paketleme vb. sırasında veya kesim, tutsüleme, dondurma veya pastörizasyon sırasında gıda kalitesi ve raf ömrü kaybolabilir veya etkilenebilir.
- Dağıtım: Gıda kaybı ve israfı, toptan satış pazarlarında, süpermarketlerde, perakendecilerde ve diğer gıda dağıtım aktörlerinde meydana gelmektedir.
- Tüketim: tüketiciler genellikle yiyecekleri çöpe atarak israf ederler. Gerekenden fazla yemek pişirmek, rahatlık için fazla alışveriş yapmak ve hatta fazla beslemek bu kategoride listelenmiştir.

1.4. Soğuk Tedarik Zincirinin Zorlukları

Taze gıda soğuk zincir boyunca uygun ve sabit bir sıcaklık ve nem ortamı gerektirir ve önemli miktarda elektrik tüketir, bu da soğuk zincir aktörlerine (üreticiler, tedarikçiler ve perakendeciler) büyük finansal maliyetler getirir (Han vd., 2018). Gıda endüstrisinde ürün kalitesini korumak, raf ömrünü artırmak ve gıda kaybını önlemek için gereken enerji, dünya çapındaki enerji tüketiminin yaklaşık %30'unu oluştururken, bu endüstride kullanılan

elektrik enerjisinin %8'ini soğutma için kullanılmaktadır (Han vd., 2018). Sosyal olarak sorumsuz gıda alımı nedeni ile her ülkede büyük miktarlarda gıda israf edilmektedir (FAO, 2020). Gıda kayıpları; öncelikle olumsuz hava koşulları, yetersiz tesisler ve zararlı uygulamaların bir sonucu olarak işleme aşamasında meydana gelirken, gıda israfı; insanların yemeklerini düzgün planlamadıkları, gıdaları bozulmadan veya son kullanma tarihi geçmeden depolamadıklarından dolayı besleyici gıdaları bilerek attıkları zaman meydana gelir (Feijoo ve Moreira, 2020).

Gıda tedarik zincirlerinin çabuk bozulan ürünlerin dağıtımında en önemli hedeflerden biri, ürünlerin ihtiyaç duyulan yerlere ulaştırıldığında tazeliğini sağlamaktır. Bu faktör, ağın yanıt verebilirliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Ürünler bozulabilir olduğu için zamanla değeri düşmektedir (Musavi ve Bozorgi-Amiri, 2017). Nüfus arttıkça bozulabilir mallara olan ihtiyaç da artmakta ve bu da paketleme evleri, frigorifik taşımacılık ve soğuk hava deposu gibi soğuk zincir lojistiğinin altyapısının inşasını zorunlu kılmaktadır (Bhatnagar vd., 2019). Soğuk zincir tedariki yönetiminin en önemli yönlerinden biri dağıtım planlamasıdır. Ortam dağıtımına kıyasla soğuk zincir dağıtımı, daha ciddi sıcaklık ve zamanlama kontrolünün yanı sıra sıcaklık kontrollü araç filolarına önemli yatırım gerektirir (Hsiao vd., 2017). Tedarik zinciri boyunca düşük depolama sıcaklığının korunması, kalite bozulmasını yavaşlattığı ve dolayısıyla taze gıdanın raf ömrünü uzattığı bilinmektedir. Sonuç olarak, gıda tedarik zincirinde sıcaklık ve zaman kontrolü giderek daha önemli hale geliyor ve soğuk zincir yönetimi gittikçe önem kazanmaktadır (Montanari, 2008; Aiello vd., 2012; Defraeye vd., 2015). Taze gıdanın raf ömrü değerini belirler. Gıda Bilimi ve Teknolojisi Enstitüsü'ne göre, bir gıdanın raf ömrü, gıdanın belirtilen saklama koşullarına göre saklanması koşulu ile gıdanın güvenli ve tüketime uygun olduğu süredir. Bu, gıdanın raf ömrü süresi boyunca şu koşulları sağlaması gerektiği anlamına gelir (Hsiao vd., 2017): 1) Tüketim için güvenli kalmalı, yani gıdada patojenik bakterilerin büyümesi veya toksinlerin (bakteri ve mantarlar) oluşumu nedeniyle gıda zehirlenmesine yol açmamalıdır 2) Tüketici tarafından kabul edilemeyecek derecede bozulma veya kalite kaybı olmamalıdır 3) Etiketle belirtilen besin maddelerinin önemli bir kısmı kaybedilmemiş olmalıdır.

Bir gıda ürününün raf ömrünü etkileyebilecek birçok faktör vardır. Bazıları nem ve pH gibi gıdanın kendisiyle (içsel faktörler) ilgiliyken, diğerleri paketleme koşulları, malzemeler ve saklama koşulları gibi dışsaldır. Kreyenschmidt vd. (2010) raf ömrünün sonunu iki koşulun yerine getirilmesi olarak tanımlamıştır: 1) belirli bozulma ajanlarının sayısı izin verilen maksimum seviyeyi aşıyor veya 2) renk, doku, koku ve tat gibi duyu kalitedeki değişiklikler, kabul edilebilir bir aralığı aşar. Ancak soğutma hem ilk harcamalar hem de enerji maliyetleri açısından pahalı bir işlemdir. Yetersiz enerji arzı ve artan enerji tarifeleri, soğuk hava deposunda kritik zorluklardır. Çeşitli enerji tasarrufu yaklaşımlarını kullanma ihtiyacı, artık bu alandaki mal sahipleri ve üreticiler tarafından giderek daha fazla kabul görmektedir (Gómez ve Ricketts, 2013).

1.5. Soğuk Zincir Lojistiği İşlemler

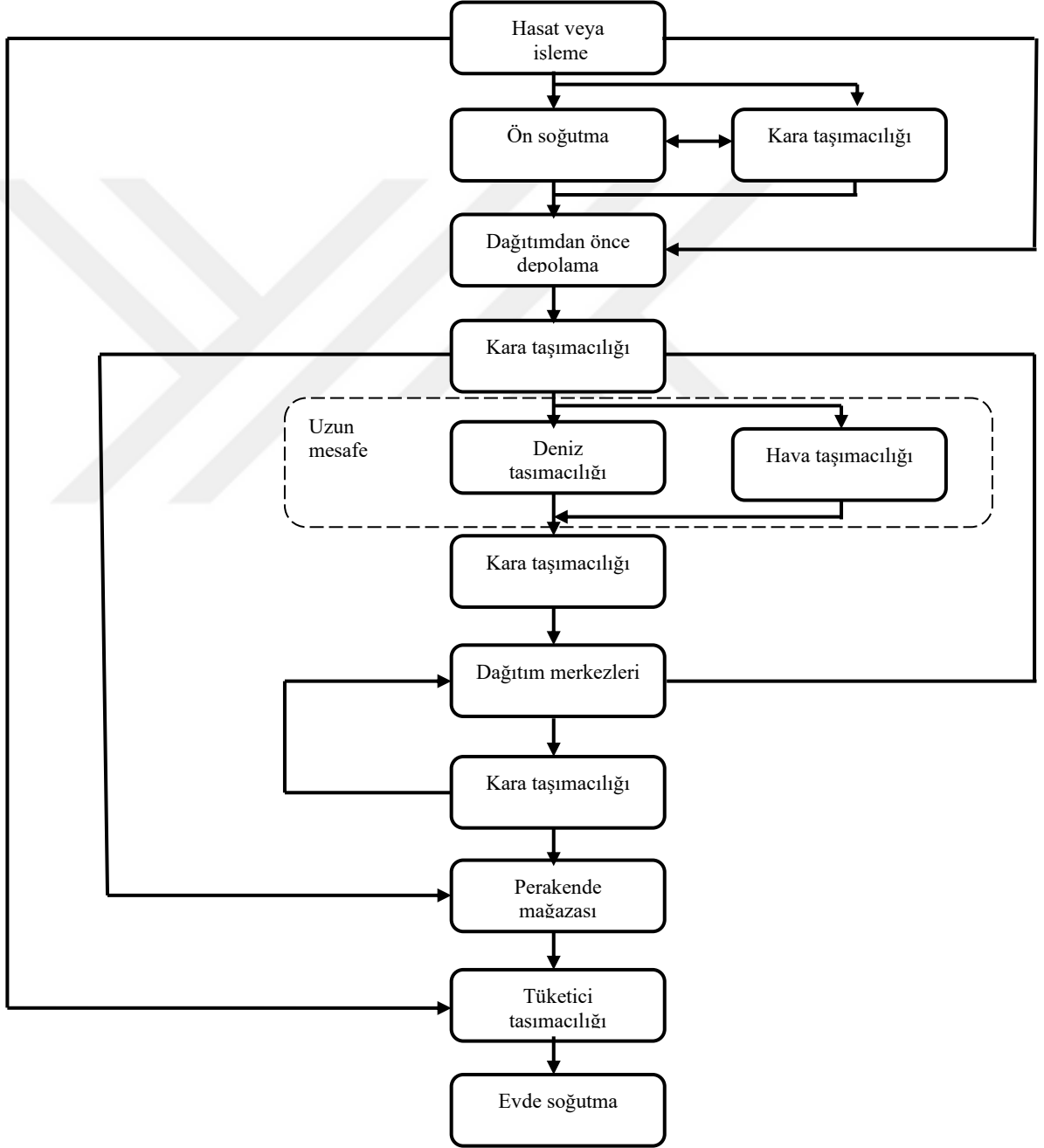
Soğuk zincir, sıcaklık kontrollü bir tesis sağlayarak çeşitli yiyecek ve içecekleri tedarik zinciri boyunca bozulmaya karşı korur. Çıkış noktasından tüketim noktasına yani çiftlikten sofraya kadar bir dizi kontrollü sıcaklık depolama ve taşıma koşulları sağlayan lojistik bir sistemdir. Taze ürünü bozulma, nem ve uygun olmayan sıcaklığa maruz kalmaktan korur ve donmuş, taze ve soğutulmuş halde tutar (Bishara, 2006). Soğuk zincirdeki sıcaklık veya zamanlamadaki herhangi bir bozulma, net bugünkü değeri ve katma değeri etkileyebilir (Bogataj vd., 2005). Soğuk zincir, çiftlik düzeyinde başlar ve sıcaklık kontrollü bir süreç ve davranışla tüketici düzeyine kadar uzanır. Soğuk zincir altyapısı genellikle sınıflandırma, ayırma, paketleme, depolama, işleme ve nakliye tesislerinden oluşur.

Verimli bir tedarik zinciri, yiyecek içecek sektöründe çok önemlidir ve zincirde yer alan aktörler için kâr artışına ve en önemlisi sektördeki kayıp ve israfın azalmasına yol açar (Negi ve Anand, 2014). Düşük sıcaklıklar veya soğuk depolama, bahçecilik ürünlerinin biyolojik aktivitesini engellemek ve depolama, nakliye, uzun süreler ve mesafeler boyunca dağıtım ve pazarlama gibi tedarik zincirinin çeşitli bileşenlerinde işlenmesini sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Soğuk zincirdeki ürünlerin kalitesi ancak soğutulmuş veya donmuş bir ortamda garanti edilebilir. Ürünlerin kalitesini korumak ve lojistik kayıpları önlemek için, malların sıcaklığı

tedarik, işleme, dağıtım ve satış dahil olmak üzere bir dizi lojistik operasyonda etkin bir şekilde düzenlenmelidir. Soğutma sistemi hasat sonrası ve gıda işleme sonrasında uygulanır. Çiftlikten son müşteriye tipik bir akış şeması Şekil 1'de gösterilmektedir.

Şekil 1: Çiftlikten Son Müşteriye Tipik Bir Akış Şeması



Kaynak: Mercier vd. 2017.

Soğuk zincir lojistiği, sıcaklık hassasiyeti taşıyan ürünlerin kalitesini ve güvenliğini korumak için kritik öneme sahip olup bileşenleri aşağıda verilmektedir:

1.5.1. Ön Soğutma Sistemi

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2015), gıda kayıplarına öncelikle hasat sonrası uygun olmayan işlemler, zayıf soğuk zincir, nakliye ve iklim kontrolü neden olduğunu bildirmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bozulabilir malları işleme sürecindeki uygun lojistik altyapı ve bilgi eksikliğidir (Goedhals-Gerber ve Khumalo, 2020). Meyve ve sebze gibi çabuk bozulabilen ürünlerde soğuk zincirin ilk adımı olan ön soğutma, soğuk depolamadan farklı olarak depolama öncesinde ürünün sıcaklığının hızla düşürülmesidir (Brosnan vd., 2001). Meyve ve sebzeler hasat edildikten sonra tarla ısını önemli miktarda muhafaza ederler. Meyve ve sebzeleri hasat sonrası fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkilemektedir ve düşük sıcaklıkta muhafaza, en etkili fiziksel ve çevre dostu muhafaza tekniklerinden biridir (Mercier vd., 2017). Hasat sonrası teknolojiler, bozulabilir tarım ürün sektörünün hem yerel hem de büyük ölçekli üretime ve yüksek besin değeri ve duyu kaliteye sahip taze ürünlerin kıtalararası dağıtımına yönelik küresel talebi karşılamasını sağlamaktadır (Mahajan vd., 2014). Sıcaklık, meyve ve sebzelerin hasat sonrası raf ömrünü ve kalitesini belirleyen önemli bir faktördür. Taze ürünler çoğunlukla çiğ olarak veya çok az işlemle geçirilerek tüketildiğinden, patojen kontaminasyonu nedeni ile gıda kaynaklı hastalık salgınlarının yaşanma olasılığı artmaktadır.

Taze tarım ürünleri için soğuk zincir lojistiğinde izlenebilirlik, tarımsal girdi tedarikçilerini, çiftçileri ve üreticileri, işleyicileri, aracıları ve son tüketicileri kapsamaktadır (Zhang vd., 2023). Soğuk zincir programı, hasattan hemen sonra başlayarak paketlenme, ön soğutma, depolama, taşıma, soğuk depolama ve alıcı pazarda teşhir dahil tüm elleçleme süreçlerini kapsayacak şekilde önceden hazırlanmalıdır. Meyve ve sebze yetiştiricileri hasat sonrası kayıpları azaltma sorunu ile karşı karşıyadır.

Hasat sonrası işlemler, yaşlanmayı geciktirmek, bozulmayı azaltmak, görünüm ve pazarlanabilirliği iyileştirmek amacıyla depolama öncesinde taze meyvelere uygulanır (Elansari vd., 2019). Ön soğutma, kaliteyi korumak ve raf ömrünü uzatmak, böylece taze ve

pazarlanabilir tarımsal ürünler elde etmek için en önemli hasat sonrası işlemdir (Dehghannya vd., 2010). Hasat sonrası bozulabilir taze ürün sektöründe ön soğutma, yüksek kaliteli meyve ve sebzelerin korunmasında önemli bir adımdır. Hasattan sonra gıda için soğuk zincir, ön soğutma, toplu depolama, dağıtım, perakende soğutma ve tüketimden önce evsel soğutmayı içermektedir. Meyve ve sebzelerin çoğu yüksek sıcaklıklarda hasat edilir ve genellikle çok fazla tarla ısısı içerir. Tarla ısısının neden olduğu yüksek sıcaklık, meyve ve sebzelerin metabolik süreçlerini hızlandırır (Elansari vd., 2019). Bu durum aynı zamanda taze tarım ürünlerinin erken yaşlanmasına ve çürümesine önemli ölçüde katkıda bulunan mikroorganizmaların gelişimini de teşvik etmektedir (Li vd., 2022). Ön soğutma, hasat edilen taze ürünlerden metabolizmayı sınırlamak ve taşıma veya depolama öncesinde bozulmayı azaltır. Meyve ve sebzelerin ön soğutulması, hava akış hızı, hava sıcaklığı, bağıl nem, ürün geometrisi, paketleme konfigürasyonu, termal özellikler, başlangıç ve bitiş sıcaklıkları, solunum ısısı üretimi, buharlaştırıcı soğutma, paket havalandırma tasarımı ve istifleme düzenlemesi gibi faktörlerden etkilenir ve bunların hepsi işlem sırasında hava akışını, ısıyı ve kütle transferini etkilemektedir (Dehghannya vd., 2010).

1.5.2. Soğuk Zincir Taşımacılığı

Taze gıda tedarik zincirlerinde, taze gıdanın bozulma kısıtlamalarına uyularak en iyi şekilde son tüketiciye ulaştırılmasının sağlanması önemlidir. Bozulabilir ürünlerin taşınması lojistik sisteminin vazgeçilmez bir bileşeni haline gelmiştir. Taze gıdaların soğuk zincirle taşınması oldukça karmaşık bir sistem sürecidir. Taze ürünlerin güvenliğini ve kalitesini garanti etmek için soğuk zincir depolama ve soğuk taşımacılık gerekmektedir. Çeşitli ürünlerin, kaynakların ve uzun nakliye sürelerinin yer aldığı bu süreç, taze gıdaların tazeliğini kaybetmesine, bozulmasına ve malların değerinin azalmasına veya tamamen ortadan kalkmasına neden olabilmektedir. Soğuk zincir lojistiğinin geliştirilmesi, tedarik zinciri boyunca bozulabilir gıda ürünlerinin kalitesini korumak için gereklidir. Taşınan sıcaklığa duyarlı ürünlerin bütünlüğü ve tazeliği, soğuk zincir dağıtım ağlarına bağlıdır. Çiftliklerden hasat edilen gıdalar, soğuk zincirde dağıtım tesislerine taşınmadan önce gıda paketleme hizmetlerine gönderilmektedir. Gıda daha sonra soğutmalı kamyonlarla dağıtım merkezlerinden perakendecilere taşınır. Son olarak, müşteriler yiyecekleri alır veya

perakendecilerin nakliye hizmetleri tarafından kendilerine teslim ettirilir. Gıdaları taze ve müşteriler tarafından tüketime uygun tutmak için, hasattan paketlemeye ve depolamaya, nakliye ve elleçlemenin tüm aşamalarına kadar soğuk zincir korunmalıdır (Awad vd., 2020).

Gıda kayıplarının önemli bir nedeni, sıcaklığa duyarlı ürünler için üretim sonrası tedarik yolu olan soğuk zincirdeki sorunlardır (Murthy vd., 2009). Bozulabilir ürünler (örneğin, çiftlik ürünleri, et, balık ve bazı ilaçlar), ürün güvenliğini sağlamak ve raf ömrünü ve ticari potansiyeli en üst düzeye çıkarmak için çiftlikten buzdolabına depolama ve tüketime kadar uygun bir sıcaklık aralığında muhafaza edilmelidir (Joshi vd., 2009; Rodrigue ve Notteboom, 2014b). Ürün gereksinimlerine bağlı olarak, örneğin nakliye sırasında muzların optimum olgunlaşmasını desteklemek için soğuk zincir sıcaklıkları -18°C (dondurulmuş) ile $+14^{\circ}\text{C}$ arasında değişir (Jedermann vd., 2014).

Sıkı zaman ve sıcaklık kontrolü, müşterilere güvenli, taze ve yüksek kaliteli gıda ürünlerin teslim edilmesini sağlamak için dağıtım planlaması sırasında dikkate alınması gereken özel gereksinimlerdir. Dağıtım sürecinde 3T ilkesi (zaman, sıcaklık ve tolerans) gıda güvenliği ve kalitesinin sağlanmasında kilit faktördür. Bu nedenle, araca monteli kabloşuz ağ ve bilgisayar ile frigorifik konteyner içerisine farklı sıcaklık aralıklarında sıcaklık ve nem sensörleri takılarak araç üstü güvenlik izleme sistemi kurulabilir (Tian, 2017). Gıda işletmecisi tarafından taze gıda satın alındıktan sonra, gıdanın kalitesi ve güvenliği, tüketicilerin gıdaları, özellikle et ve deniz ürünleri için ev ortamlarında nasıl naklettikleri, depoladıkları ve işledikleri ile doğrudan bağlantılıdır. Tüketiciler gıdaları eve yakın bir yerde satın almayı tercih ettikleri için bozulabilir gıdaları raf ömrünün önemli bir yüzdesini evdeki depolarda geçirebilse de gıdaları bakkaldan eve taşımak için gereken süre oldukça kısadır (Han vd., 2021). Soğutmalı araçlarla (frigorifik kamyon) karayolu taşımacılığı, gıda taşımacılığının en popüler şekli olduğundan, küresel olarak çok fazla araştırmaya konu olmaktadır (Mercier vd., 2017). Soğutmalı taşımacılık, soğuk zincirin yukarı ve aşağı düğümlerini birbirine bağlar. Deniz, hava, karayolu ve demiryolu dahil olmak üzere çeşitli frigorifik taşımacılık türleri vardır ve en uygun seçenek raf ömrü, ekonomik değer, maliyet ve müşteri talebine göre belirlenir (Yavas ve Özkan-Özen, 2020). Bağlı nem, bağlı rüzgâr veya araç hızı, değişken iklim koşulları, güneş radyasyonu, ısı sızması ve yalıtım malzemelerinin bozulması gibi

birçok olumsuz unsurun tümü, soğutmalı taşıma sistemlerinde soğutma performansını etkilemektedir (Artuso vd., 2019). Soğutmalı taşıma sistemleri, sabit soğutma sistemlerinden daha düşük bir performans katsayısına sahiptir çünkü bunlar, önceden soğutulmuş kargonun sıcaklığını düşürmekten ziyade korumaktan öncelikli olarak sorumludurlar (Tassou vd., 2009).

Taze tarım ürünleri, kısa raf ömrü, yüksek talep ve nakliye ve depolama ile ilgili lojistik zorluklarla öne çıkmaktadır. Bozulabilir ürün ihracatçıları uzak pazarlara ulaşmak için çeşitli ulaşım seçeneklerine sahiptir. Bunlar arasında kara taşımacılığına yönelik soğutmalı kamyonların yanı sıra, deniz veya hava taşımacılığına yönelik soğutmalı konteynerler, gemi ambarları ve hava taşımacılığı da yer almaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde yaşam standartlarının yükselmesi ile birlikte tüketicilerin taze, soğutulmuş ve dondurulmuş gıdalara olan talebi önemli ölçüde artmakta ve bu durum soğuk zincir sektörünün hızla büyümesine yol açmaktadır. Gıda soğuk zincirini yönetmenin temel zorluğu, çabuk bozulan ürünlerin kalite kontrolünü sağlamaktır. Bu malların nakliye ve dağıtım boyunca izlenmesi çok önemlidir. Etkili soğuk zincir yönetimi, çabuk bozulan ürünlerin tazeliğinin ve besin değerinin korunmasına yardımcı olur. Prosedür, bozulmayı önlemek ve gıda güvenliğini sağlamak için ideal sıcaklıkların korunmasını gerektirir.

Taşımacılık, gıda üretiminin yaşam döngüsü üzerindeki etkisinin yalnızca küçük bir parçası olmasına rağmen, modern gıda sistemimiz için olmazsa olmazdır. Taze ürünlerin üretim yeri ile tüketim yeri arasındaki nakliyesi çeşitli nakliye aşamalarından geçmektedir. Taze tarım ürünleri il içinde iki şekilde ve iller arasında ise üç şekilde taşınmaktadır. Taze ürünler üretim merkezlerinden perakende pazarlarına kamyon, tren, gemi veya uçak yolu ile taşınmaktadır. Soğuk zincir lojistiğinde frigorifik kamyonlar, gemiler ve uçaklar sıklıkla kullanılmaktadır.

Karayolu taşımacılığı

Soğuk zincir lojistiğinde, taze tarım ürünleri gibi sıcaklığa duyarlı malların etkin bir şekilde taşınması için kara taşımacılığı olmazsa olmazdır. Karayolu taşımacılığında sıcaklığa duyarlı malların kalite ve güvenliğini koruyarak kara yolu ile taşınması işlemine soğuk zincir lojistiği

denir. Kontrollü sıcaklıkların korunması için belirli şartların yerine getirilmesi gerektiğinden soğuk zincir lojistik taşımacılığında her araç kullanılamamaktadır. Malların tedarik zinciri boyunca belirli bir sıcaklık aralığında kalmasını sağlamak için özel araçlar ve teknolojiler kullanılır. Karayolu taşımacılığı, soğuk zincir lojistiğinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Soğuk zincir lojistiğinde yük hacminin %90'ını gerçekleştiriyor, ancak taşıma sürecinin %60'ında aksamalar yaşıyor, bu da soğuk zincir lojistiğinin hizmet kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir.

Soğutma, taze ürünlerin sıcaklık kontrollü bir ortamda uzun mesafeler boyunca taşınmasını kolaylaştırarak kalitenin korunmasını ve bozulmanın sınırlandırılmasını sağlar; bu da sonuç olarak gıda kaybını ve israfını azaltır. Soğutmalı karayolu taşımacılığı, tüketicilere üstün kalitede, taze, güvenli tarım ürünleri sunmayı amaçlayan soğuk zincirlerin hayati bir bileşenidir.

Tong vd. (2021) bütünleşik demir yolu-karayolu soğuk zincir taşımacılığı için Faz Değişim Malzemesi (FDM) tabanlı pasif soğutmalı bir konteyner üzerine bir çalışma sunmuştur. Konteyner, güç gerektirmeden taşıma sırasında düşük sıcaklıkları korumak için FDM içeren soğuk enerji depolama plakaları kullanmaktadır. Çalışmada, konteynerin şarj süresi, verimlilik, iç sıcaklık stabilitesi ve çevresel etkisi açısından performansını değerlendirmiştir. Sonuçlar, FDM konteynerinin enerji tüketimini, işletme maliyetlerini ve emisyonları geleneksel dizel gücüyle çalışan sistemlere kıyasla önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Konteyner, taşınan ürünün kalitesinden yararlanarak sabit sıcaklık ve nem seviyelerini korumaktadır. Soğutmalı araçlar (örneğin kamyonlar) ve konteynerler (örneğin deniz konteynerleri ve hava taşımacılığı için yükleme üniteleri) en sık kullanılan teknolojiler arasındadır. İyi tasarlanmış soğutmalı araçlar, nakliye sırasında sıcaklık aralıklarını koruyarak ürün kalitesini artırır ve raf ömrünü uzatır. Bu taşıma modu, üretim tesislerini, dağıtım merkezlerini ve perakende mağazalarını birbirine bağlayarak çok modlu soğuk zincir sistemlerinde kritik bir rol oynar.

Hava taşımacılığı

Gıda ürünleri, reçeteli ilaçlar ve kimyasal bileşikler de dahil olmak üzere çabuk bozulan ürünlerin raf ömrü sınırlıdır ve bozulmayı azaltmak ve kayıpları en aza indirmek için hızlı ve etkili bir şekilde taşınmaları gerekmektedir. Hava taşımacılığı, uzak pazarlara hızlı teslimatı sağlayarak bozulmaları en aza indirmektedir.

Hızlı ve güvenilir hava kargo hizmetleri, uzak pazarları küresel taze gıda tedarik zincirine bağlamaktadır. Hava kargo taşımacılığı hem gelişmiş hem de az gelişmiş ülkelerde üretim tedarik zincirlerinde giderek daha önemli bir unsur haline gelmektedir (Vega ve Button, 2023). Hava taşımacılığı, çiçekler, deniz ürünleri ve meyveler gibi ürünlerin hızlı teslimatını ve kalite korumasını sağladığı için küresel hava kargosunun %15'ini oluşturan bozulabilir ürünler için hayati öneme sahiptir (IATA, 2022). Soğuk zincir bütünlüğünü koruma ve lojistik aksaklıkların üstesinden gelme gibi zorluklar, özellikle pandemi sırasında artan sorunlar ile birlikte, dayanıklı tedarik zincirlerine olan ihtiyacı ortaya koymuştur. Havayolları, en pahalı taşıma yöntemi olarak, çilek ve kiraz gibi yüksek değerli ve çabuk bozulan ürünleri düşük sıcaklıkları korumak için genellikle kuru buz kullanılan yalıtımlı konteynerlerde taşımak için kullanılır ve düzenlemeler havayoluna göre değişiklik gösterebilmektedir (Ahmad vd., 2015). Havayolu taşımacılığı, rahatlığı, hızı ve doğal engelleri aşma yeteneği ile öne çıkar ve bu sayede uzun mesafeli yük ve çabuk bozulan mallar için en ideal ulaşım şekli olurken, kara taşımacılığı ise daha kısa mesafelerde daha etkilidir.

Laguerre vd. (2023), Tayland'dan Fransa'ya yapılan hava taşımacılığının mango kalitesi üzerindeki etkisini incelemiştir. Doğrudan ve dolaylı uçuşlar sırasında sıcaklık ve nem dalgalanmaları, meyve kütle kaybını ve kabuk rengini etkilemiştir. Kaydedilen sıcaklıklar, soğuk depoda 8°C ile taşıma sırasında 33°C arasında değişmiştir. Öngörücü modeller, kalite değişimlerini doğru bir şekilde yakalayarak, ürün kalitesini korumak ve kayıpları en aza indirmek için tutarlı soğutmanın ve optimize edilmiş lojistiğin önemini vurgulamaktadır.

Soğuk zincir yönetimi için yeni terim ve düzenlemelerin gerekliliği, soğutulmuş ve dondurulmuş ürünlerin hava yolu ile hızlı bir şekilde taşınması ve teslim edilmesi gereksinimlerinin artması ile ortaya çıkmıştır (Görçün vd., 2008). Hava taşımacılığı, hız,

güvenilirlik ve güvenliği garanti ettiği için bozulabilir ürünlerin taşınması için önemli rol oynamaktadır.

Deniz taşımacılığı

Deniz taşımacılığında gıda sıcaklığı ihlallerinin kara taşımacılığındakine benzer olduğu tespit edilmiştir (Ndraha vd., 2020). Taşıma, meyvenin raf ömrünü uzatmada ve kalitesini korumada önemli bir rol oynar. Ancak, bu işlem düzgün yönetilmezse yüksek ekonomik kayıplara yol açabilir (Al-Dairi vd., 2022).

Soğutmalı deniz taşımacılığı, gıda tedarik zincirinde önemli bir halka olup süt ürünleri, balık ürünleri, meyveler, etler, sebzeler ve diğer gıda ürünlerinin önemli bir ulaşım şeklidir (Mercier vd., 2019; Mai vd., 2012), deniz taşımacılığı sırasında filetoların teslimat süresinin %18'inde önerilen $0 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığının üzerinde bir sıcaklığa maruz kaldığını gözlemlemiştir. Deniz taşımacılığında gıda sıcaklığı ihlallerinin kara taşımacılığındakine benzer olduğu tespit edilmiştir. Soğuk zincir lojistiğinde bozulabilir mallar için çevresel ve finansal faktörleri dengeleyerek optimal taşıma modu seçimlerini araştırmışlardır (Zhang 2020). Konteyner taşımacılığı ile soğutuculu dökme yük taşımacılığı arasındaki seçimi değerlendirmişler ve sevkiyat planlaması, gemi tahsisi ve seyir hızı optimizasyonu konularını ele almışlardır.

Soğutulmuş sevkiyatlar için en yaygın kullanılan iki deniz taşımacılığı yöntemi, yalıtımlı bir konteyner ile bütünleştirilmiş mekanik buhar sıkıştırma soğutma ünitesi içeren özel soğutuculu konteynerlerde (reefers olarak da bilinir) taşımacılık veya özel soğutuculu yük gemilerinin dökme yük ambarlarında taşımacılıktır (Mercieri, 2019).

Fan vd. (2020), soğuk zincir taşımacılığının önemli bir parçası olarak incelenen reefer lojistiği, bozulabilir ürünlerin sıkı sıcaklık kontrolü altında yönetilmesindeki zorluklara vurgu yapmaktadır. Soğutma üniteleri ile donatılmış reefer konteynerler, modüler ve verimli yapıları ile küresel çok modlu taşımacılığı desteklemektedir. Bu durum, özel reefer gemilerinden reefer konteynerlere doğru bir geçişe yol açmıştır. Küresel tarım ticaretinin genişlemesi nedeni ile deniz yolu ile yapılan reefer taşımacılığı talebinin önemli ölçüde

artması beklenmektedir. Soğuk zincir lojistiğinde bozulabilir mallar için çevresel ve finansal faktörleri dengeleyerek en uygun nakliye modlarını araştırdılar. Konteynerli nakliye ile soğutuculu toplu nakliye arasındaki seçim değerlendirilirken sevkiyat planlamasını, gemi dağıtımını ve yelken hızı optimizasyonunu ele almışlardır.

1.5.3. Soğuk Zincir Lojistiğinde Depolama

Meyve ve sebzeler, bozulabilir nitelikte oldukları için, kalitenin korunması ve ürünlerin raf ömrünün uzatılması amacı ile özel muhafaza işlemleri gerektirir. Soğuk depolama, taze gıda gibi çabuk bozulan malları, tazeliğini uzatmak ve bozulmasını önlemek için sıcaklık, nem ve havalandırmayı kontrol ederek saklamak için kullanılan bir tekniktir. Depolar, sıcaklığa duyarlı ürünlerin depolanması ve elleçlenmesi süreçlerinin optimize edilmesi açısından önemlidir. Sıcaklığa duyarlı ürünlerin doğru ve etkin bir şekilde depolanmasını sağlayarak daha az atık oluşmasını ve kalitenin korunmasını sağlamaktadır.

Soğuk hava depolarının yetersizliği, gelişmiş ülkelerde sıkça görülen gıda israfı sorununa yol açmaktadır. Soğuk zincirde taşınan gıdaların tazeliği, sıcaklık ve diğer dış değişkenlere karşı son derece hassastır ve bozulma, insan sağlığı, ürün maliyetleri ve gıda arzı üzerinde hızla olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Chaudhuri vd., 2018). Gıda güvenliğinin yetersizliği, halk sağlığını önemli ölçüde etkiler ve tarım üreticileri ile işletmeler için ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Maruchek vd., 2011). Kesintisiz soğuk zincir, tüm aşamalarda kontrollü bir sıcaklık aralığını korumak için tasarlanmış sürekli bir depolama ve dağıtım sürecini ifade etmektedir (Prakash vd., 2012).

Soğuk depolama ve soğuk zincir tesisleri, bozulabilir ürünler için en önemli altyapı bileşenleridir. Soğuk depolama, bir ürünün sıcaklığının belirli bir aralıkta tutulduğu, böylece tipik ortam koşullarına göre çok daha uzun süre taze ve tüketilebilir kalmasını sağlayan sıcaklık kontrollü bir tedarik zinciri ağıdır. Bu ağda, depolama ve dağıtım faaliyetleri bu sıcaklık aralığında gerçekleştirilmektedir.

Soğuk zincir gıda pazarı, küresel nüfusun artması ve dondurulmuş gıdaya olan talebin önemli ölçüde yükselmesi nedeni ile istikrarlı bir şekilde büyümektedir. Ayrıca, sağlık bilinci ile artan müşteri beklentileri ve küresel rekabetin yoğunlaşması bu gelişmeyi daha da

hızlandırmıştır. Meyve, sebze, balık, et, süt ürünleri ve dondurulmuş gıdalar gibi bozulabilir ürünlerin tazeliğini koruyabilmesi için sıcaklık, nem ve atmosfer koşullarının düzenlenmesi gerekmektedir. Zhao vd. (2020) soğuk zincir lojistik sektöründeki soğuk depolama teknolojisinin durumunu, yeniliklere, mevcut zorluklara ve gelecek beklentilerine odaklanarak incelemişlerdir. Çalışmada, bozulabilir ürünlerin taşınması sırasında kalitesinin korunması için temel olan soğutmalı konteynerler, kamyonlar ve yalıtımlı kutular gibi temel teknolojilere dikkat çekmektedir. Yüksek enerji depolama yoğunluğu ve gizli ısı depolaması yoluyla sıcaklık stabilitesini koruma yeteneği nedeniyle Faz Değişim Malzemelerine özel bir vurgu yapılmaktadır.

Niu vd. (2024) karbon nötrlüğü bağlamında lojistik soğuk depolamanın gelişimini, araştırmasını ve politika çerçevelerini incelemişlerdir. Soğuk zincirin kritik bir bileşeni olan lojistik soğuk depolama, gıda kalitesini koruma ve israfı azaltma konularını ele alırken, karbon emisyonlarına da önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Enerji tüketimini optimize etmek ve düzenleyici standartlar oluşturmak için kapsamlı alan testlerinin gerekliliğini vurgulamışlardır. Ayrıca lojistik soğuk depolama, şebeke kararlılığını artırmak ve yenilenebilir enerji bütünleştirilmesini desteklemek için bir enerji depolama aracı olarak da incelenmiştir. Büyük ekonomilerden gelen politikalar, gıda kalitesini ve güvenliğini sağlamak için hassas sıcaklık kontrolü ve izlenebilirliğe odaklanıldığını göstermektedir.

Elansari vd. (2019) taze ürünlerin depolanmasında düşük sıcaklıkların mekanik soğutma yolu ile uygulanmasının, istenen depolama sıcaklığına ulaşmak için gerekli ısı azaltımı olarak tanımlanan termal yükün yönetimiyle uyumlu olduğu açıklamışlardır. Optimum depolama sıcaklıkları, ürüne özgü sınırlar içinde sıcaklık düşürüldükçe azalan solunum yoğunluğu ile yakından bağlantılıdır ve böylece yaşlanmayı tetikleyenler de dahil olmak üzere biyokimyasal reaksiyonları yavaşlatır.

Tedarik zincirinin farklı unsurlarında gıda kaybını ve israfını önlemek için, tedarik zinciri süreci boyunca gıda kalitesini ve güvenliğini sağlamaya yönelik kalite güvence sistemlerinin uygulanmasına yönelik iyi tarım uygulamaları gibi çeşitli uluslararası standartlar bulunmaktadır. Bunlar; İyi Üretim Uygulamaları (GMP) ve Tehlike Analizi Kritik Kontrol

Noktaları (HACCP) şeklindedir (Tsang vd., 2018). Bu uygulamalar, kamyonlarda ve depolarda belirli soğutma sistemlerinin kullanılmasını önerirken, bu tür sıcaklığa duyarlı gıdalar ile çalışırken mümkün olan en kısa teslimat yolları seçilmelidir. Ancak lojistik firmaları, ürünlerin öngörülen limitler dahilinde taşınmasını sağlamak için belirli frigorifik kamyonları ve ekipmanları kullanırken maliyet verimliliği ve performans arasında bir zorlukla karşılaşabilir (Tsang vd., 2018). Gıda güvenliğini ve kalitesini sağlamak için, soğuk zincirin her aşamasında sıcaklık dikkatli ve sürekli olarak izlenmeli ve kontrol edilmelidir. Costa ve Clemente (2012), hasat sonrası kayıpları en aza indirmek ve ürüne değer katarak daha uzun bir ömür sağlamak için soğuk zincirde kullanılan sıcaklıkla ilgili depolama tekniklerinin özelliklerini analiz etmektedir. Bu teknikler; soğuk depolama, hızlı soğutma, modifiye atmosfer ve cebri hava ile soğutmadır.

Soğuk zincirde, bir paketleme evindeki ön koşullandırmanın ana faaliyeti ürünü değiştirmede, ancak değerini koruduğu ve daha pazarlanabilir hale getirdiği için, tarım ürünlerinin temel özellikleri değişmeden kalır. Soğuk zincir, çiftlik düzeyinde başlar ve sıcaklık kontrollü prosedürler ve davranışlar kullanılarak tüketiciye kadar uzanır. Soğuk zincir altyapısı tipik olarak ayırma, paketleme, depolama, işleme ve taşıma tesislerinden oluşur.

Elansari vd. (2019), ürünün depolanmasının ana nedenleri yalnızca pazarlama ile ilgili değil, aynı zamanda aşağıdakileri dikkate alarak kaliteyi korumakla da ilgilidir:

- Mikroorganizmaların çoğalmasını yavaşlatarak bozulmayı en aza indirir. - Solma, esneme, çürüme, yeşillenme, filizlenme ve sertleşme gibi olumsuz etkileri artıran terlemeyi veya su kaybını azaltır. Bu aktiviteler görünüm, kalite ve dokuyu etkiler.
- Doğal olgunlaşma maddesi etilenin üretimini ve etkisini azaltarak, örneğin taze ürünlerin biyolojik aktivitesini yavaşlatır.
- Pazardaki fazla satışları en aza indirerek çiftçiler için iyi getirileri garanti eder. - Sezon dışında ürünün bulunabilirliğini sağlar.

- Ürünlerin israfını ve bozulmasını azaltır. - Hem sezon içinde hem de sezon dışında ürün fiyatının normalleştirilmesi.

Soğuk depolamanın zorlukları

Bozulabilir gıda kayıplarını azaltmak için soğuk zincirin kullanılması, çeşitli sorunlar ve zorluklar nedeni ile engellenebilir. Nemli tropik bölgelerdeki yüksek sıcaklıklar veya kurak bölgelerdeki aşırı sıcaklık gibi, soğuk hava deposu inşaatı ve enerji tedarikinin maliyetini artıran zorlu tarımsal iklim koşulları bunlara dahildir. Maliyet-fayda değerlendirmesi insanları soğuk zinciri kullanmak istemeye yönlendirirse, güvenilir enerjiye, ekipmana, kamu ve özel sektör yatırımı için kaynaklara erişim eksikliği ve vasıflı işgücü eksikliği nedeni ile benimsenmesi kısıtlanabilir. Hali hazırda, gelişmekte olan ülkelerde soğuk zincir kullanımına duyulan ihtiyaç iyi bilinmekte ve hatta uygun maliyetli olarak kabul edilirken, uygun tarımsal araştırma ve geliştirme, kapasite geliştirme eğitim programları ve soğuk zincir üzerinde çalışan ulusal kuruluşların eksikliği nedeni ile alım düşüktür (Kitinoja, 2013).

Kanıtlar, ürünlerin kalitesinin korunmasında ana faktör sıcaklığın kontrolü olduğu için, bozulabilir ürünlerin soğuk depolanmasında sıcaklığın önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Sıcaklık, biyokimyasal aktiviteleri doğrudan etkilediği ve dolayısıyla taze ürünün ömrünü etkilediği için önemli bir faktördür (Xue vd. 2014).

Artan duyarlılık, modern tedarik zincirlerinin artan karmaşıklığının yanı sıra verimlilik ve teslimat tarihlerine yönelik artan talepten kaynaklanmıştır. Giderek daha belirsiz bir pazarda, firmalar ürünleri doğru miktarda, doğru yerde ve doğru zamanda teslim etmek için karmaşık tedarikçi ve ortak ağlarına giderek daha fazla güveniyor (Bottani vd., 2019). Tüketici talebindeki değişim, son yıllarda küresel ekonomideki en temel dönüşümlerden biri olmuştur. Çiftçiler, giderek daha rekabetçi bir ekonomide rekabet edebilmek için sürekli olarak piyasa gelişmelerine uyum sağlamak zorundadır (Negi ve Anand, 2015).

1.5.4. Soğuk Zincir Lojistiğinde Paketleme

Taze gıda tedarik zinciri, çiftçilerin meyveleri toplaması ve sıralama, konsolidasyon ve paketleme için işleme firmalarına göndermesi ile başlar. Daha sonra, perakendecilere taşınır

ve dağıtılır, ardından mağazalarda veya süpermarketlerde satışa sunulur. Soğuk zincir lojistiğinde, kötü sıcaklık yönetimi nedeni ile bozulabilir ürünlerin kaybı önemli bir sorun olup, ekonomik kayıplara ve çevresel hasara yol açmaktadır.

Ambalaj, taze gıda ürünlerinin önemli ve ilgi çekici bir bileşenidir. Ambalajlama, ürünlerin son tüketiciye mümkün olan en iyi koşulda güvenli ve etkili bir şekilde ulaştırılmasını sağlarken, ambalaj malzemelerinin ekonomik geri dönüşümünü, yeniden kullanımını ve bertarafını teşvik etmektedir (Gustafsson vd., 2006). Taze gıda ürün ambalajı, soğuk zincirin kritik bir bileşenidir ve hem taze ürün kalitesinin korunmasını hem de soğuk zincir operasyonlarının verimliliğini etkilemektedir (Berry vd., 2022). Gıda kaybı ve israfını azaltmak için ambalajlama tekniklerinin iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü yetersiz ambalajlama, taze meyve ve sebzelerin kalitesini korumak yerine daha da bozulmasına yol açabilmektedir. Verimli ambalajlama, gıda kaybını en aza indirmeye ve gıda dağıtım zincirinin çevresel etkisini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Soğuk zincir ambalajı, karmaşık yapısı ve taşımacılık sırasında dinamik ortamlar nedeni ile yüksek düzeyde belirsizlikle karşılaşır ve güvenlik ile risk yönetiminin önemi büyüktür (Ren vd., 2024). Soğuk paketler, nakliye sırasında bozulabilir gıda ürünlerinin depolanmasında sabit sıcaklıklar sağlayarak bozulabilir ürünleri soğuk tutmanın güvenli ve kolay bir yolunu sunar. Paketleme sırasında ihtiyaç duyulan paket sayısını ve boyutunu test etmek gerekir. Soğuk zincirdeki ambalajlama, karmaşık yapısı ve taşıma sırasındaki öngörülemeyen koşullar, ayrıca güvenlik ve risk yönetiminin önemi nedeniyle önemli belirsizliklere tabidir. Gıda ambalaj malzemeleri maliyet, görünüm, esneklik, dayanıklılık, üretim kolaylığı ve gıda uyumluluğu temelinde seçilmektedir (Ebner vd., 2021). Gıda ambalaj malzemeleri maliyet, görünüm, esneklik, dayanıklılık, üretim kolaylığı ve gıda uyumluluğuna göre seçilir.

Paketleme, malların son tüketiciye mümkün olan en iyi koşulda güvenli ve etkili bir şekilde teslim edilmesini sağlamanın bir yoludur. Paketleme malzemesinin ekonomik geri dönüşümü, yeniden kullanımı ve/veya bertarafı ile iyileştirilir. Taze ürünler, elleçleme ve taşıma sırasında mekanik hasara maruz kalabilmektedir. Bu hasar, şok (düşme ve çarpma sonucu), titreşim (taşıma sırasında sürekli olarak meydana gelir ve yoğunluğu taşıma şekline bağlı olarak değişir) ve sıkıştırma (özellikle elleçleme ve depolama sırasında) nedeni ile

ortaya çıkabilir. Taze meyve ve sebzeler elleçleme ve taşıma sırasında mekanik olarak hasar görebilir. Bu, şoklar (düşürme ve çarpma), titreşimler (taşıma sırasında değişen yoğunlukta meydana gelir) ve sıkıştırma (çoğunlukla elleçleme ve depolama sırasında) nedeniyle meydana gelebilmektedir (ASIA, 2011). Taze gıda tedarik zinciri, çiftçilerin taze gıdayı hasat edip işleme tesislerine göndermesi ile başlar; burada gıda ayrıştırılır, birleştirilir ve paketlenir. Taze gıda daha sonra mağazalarda veya süpermarketlerde satılmadan önce perakendecilere taşınır ve dağıtılır.

Akıllı paketleme, gerçek zamanlı sıcaklık izlemesi sağlayarak bozulabilir gıdaların nakliye sırasında optimum koşullarda tutulmasını sağlar. Bu teknoloji, bozulma riskini önemli ölçüde azaltır ve ürün kalitesini korur. Günümüz küresel gıda tedarik zincirinde, özellikle taze gıda soğuk zincirinde soğuk zincir lojistiği olmazsa olmazdır. Soğuk zincir ürünlere olan talep arttıkça tazelik ve kalite beklentileri de artmaktadır. Ambalajın temel rolü, bir ürünün nakliye sırasında korunmasından, güvenli teslimatına ve kullanım ömrünün sonuna kadar olan yaşam döngüsü boyunca olumlu bir çevresel etki elde etmek için hayati önem taşıyan güvenli ürün teslimatını sağlamaktır. Yöneticilerin, paketleme ve lojistik kararlarının etkilerini anlaması, bu sistemleri sürekli olarak geliştirebilmek ve iyileştirebilmek için gereklidir. Berry vd. (2022), ürün kalitesini koruma ve soğuk zincir verimliliğini artırmada bahçecilik ambalajının temel rolünü vurguladılar. Kısmen uzmanlar arasındaki sınırlı bilgi aktarımı nedeni ile yetersiz soğutma performansı ve istiflenmiş veya sıralanmış paketlerde zayıf mekanik mukavemet dahil olmak üzere temel zorlukları belirlediler. Birden fazla performans göstergesini aynı anda değerlendirerek, bu tür yöntemler havalandırılmış ambalaj tasarımını optimize edebilir, soğuk zincir operasyonlarında hem verimliliği hem de sürdürülebilirliği artırabilmektedir. Taze ürünler gibi çabuk bozulan ürünler için, ambalaj malzemesinin neme, oksijene, karbondioksit ve ışığa geçirgenliği kritik öneme sahiptir, çünkü bu faktörler ürünün raf ömrünü tanımlayan süreçleri önemli ölçüde etkiler (Ebner vd., 2021). Çağdaş gıda ambalajları, mevsimlik gıdalara daha fazla erişim de dahil olmak üzere müşterilere çeşitli kolaylıklar sunmaktadır (Ebner vd., 2021). Soğuk zincirler, katı bozulma gereksinimleri nedeni ile diğer tedarik zincirlerinden ayrılır ve sürekli düşük sıcaklıkta saklama ihtiyacı bu

konuda önemli bir unsurdur. Yenilikçi ambalaj çözümleri gıda israfını azaltmaya ve sürdürülebilir gıda üretimini teşvik etmeye yardımcı olabilir.

Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP), taze gıda ürünlerinin maddeselliğine doğrudan müdahale ederek bazı kimyasal ve çevresel faktörleri ortadan kaldıran ve bozulma süreçlerini yavaşlatmayı amaçlayan bir paketleme şeklidir. MAP, belirli kimyasal ve çevresel faktörleri ortadan kaldırarak taze gıda ürünlerinin maddiliğine doğrudan müdahale eden ve çürümenin biyolojik süreçlerini yavaşlatmayı amaçlayan bir paketleme biçimidir. Taze ürünler de dahil olmak üzere herhangi bir ürün için ambalajın temel işlevleri, içerme, koruma ve saklamadır (ASIA, 2011). Ambalaj, ürünlerin son tüketiciye amacına uygun en iyi koşulda ulaştırılmasını sağlayan sosyo-bilimsel bir disiplindir.

Günümüzde insanların yaşam standartları yükseldikçe taze gıdaya olan istekleri de artmaktadır. Birçok gelişmekte olan ülke soğuk zincir lojistiğini uygulamaya koymuş olmasına rağmen hâlâ çok sayıda engelle karşı karşıya kalmaktadır. Soğuk zincir lojistik firmalarının çoğu, pazar rekabet güçlerini korumak veya geliştirmek için en iyi sıcaklık kontrol ambalajını belirlemeye çalışmaktadır.

1.6. Soğuk Zincir lojistiğinde İzlenebilirlik

İzlenebilirlik, tedarik zinciri boyunca ürünün hammadde kaynağı, süreci ve konumu hakkında gösteren bir dizi bilgi sağlar. Tedarik zincirinin herhangi bir noktasındaki hareketlerin bir adım geriye ve bir adım ileriye izlenebilmesi anlamına gelmelidir (Millard, vd., 2015). Gıda soğuk zincirlerinde izlenebilirlik, gıda güvenliği ve kalitesinin sağlanmasına yardımcı olurken aynı zamanda tüketici güvenini de korumaktadır (Aung ve Chang, 2014). İzlenebilirlik sistemi, kalite ve güvenlik tehlikelerini azaltarak, ürün geri çağırma etkinliğini artırarak ve halk sağlığını koruyarak, taze tarım ürünleri için tedarik zincirinde etkili bir kalite yönetimi aracı haline gelmiştir (Tian vd., 2017; Cruz Introini vd., 2018). İzlenebilirlik sistemleri, işletmelere güvenlik veya kalite kontrol sorunlarının nedenini ve kapsamını belirlemede ve bunları çözmede yardımcı olmaktadır (Casino vd., 2019).

Bilgi ve iletişim teknolojisindeki son zamanlardaki gelişmeler nedeni ile firmaların bozulabilir gıda ürünlerinin tedarik zinciri yönetimini iyileştirmelerine yardımcı olmak için

daha fazla çevresel verinin izlenmesini ve toplanmasını sağlamıştır (Hsiao vd., 2017). Bilgi akışının izlenmesi ve sorgulanması, ürün üretimi ve dolaşımı hakkında bilgi sağlayabilir (Dasaklis vd., 2019). Soğuk zincir boyunca gıda güvenliğini ve kalitesini korumak ve soğuk zincir performansını iyileştirmek için soğuk zincirin tüm aşamalarından ürün (çevresel) verilerinin farkındalığı ve erişilebilirliği vurgulanmıştır (Kim vd., 2016). Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) ve Kablosuz Sensör Ağları (WSN), soğuk zincirdeki ürünlerin izlenebilirliğini geliştirme potansiyeline sahip olan ve risk kontrolüne başarılı bir şekilde katkıda bulunan dijital veri toplama teknolojilerinin örnekleridir (Chaudhuri vd., 2018)

İzlenebilirlik, bir ürünün üretim, işleme ve dağıtımın tüm aşamalarında izlenebilme yeteneğidir. İzlenebilirlik tek başına gıda güvenliğini garanti etmese de modern gıda güvenliği sistemlerinin önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir. Gıda güvenliğindeki bozulma, gıda kaybının ana nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Affognon vd., 2015). Gıda kaybı ve israfı, ilk üretimden hasat sonrası elleçleme ve depolama, işleme ve dağıtım, hane halkı tüketimine kadar tüm gıda zincirini etkileyen küresel bir sorun olarak kabul edilmelidir. Gıda kaynaklı hastalıkların gelişmekte olan ülkelerde çok büyük bir sağlık yükü oluşturduğuna dair kanıtlar var. Meyve ve sebzelerin izlenebilirliği, ürünün marketten yetiştirildiği çiftliğe kadar izlenmesi yoluyla hastalıkların veya tehlikeli kimyasal kontaminasyonun kaynağının belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, hızlı düzeltici eylemlere olanak tanır ve tedarik zinciri boyunca gıda güvenliğini sağlamaktadır

1.7. Gıda Kaybı Ve İsrafı

Gıda güvensizliği dünya çapında büyüyen bir sorundur. Küresel nüfusun arttığı ve iklim değişikliğinin tarımsal verimliliği zorladığı bir dönemde dünyadaki gıdanın yaklaşık üçte birinin kaybolduğu veya israf edildiği tahmin edilmektedir. Yaklaşık 815 milyon insan ihtiyaçlarını karşılayacak yeterli gıdaya erişememektedir (FAO, 2017). Bu dünya genelinde sekiz kişiden birinin kronik yetersiz beslenmeden muzdarip olduğu anlamına gelmektedir.

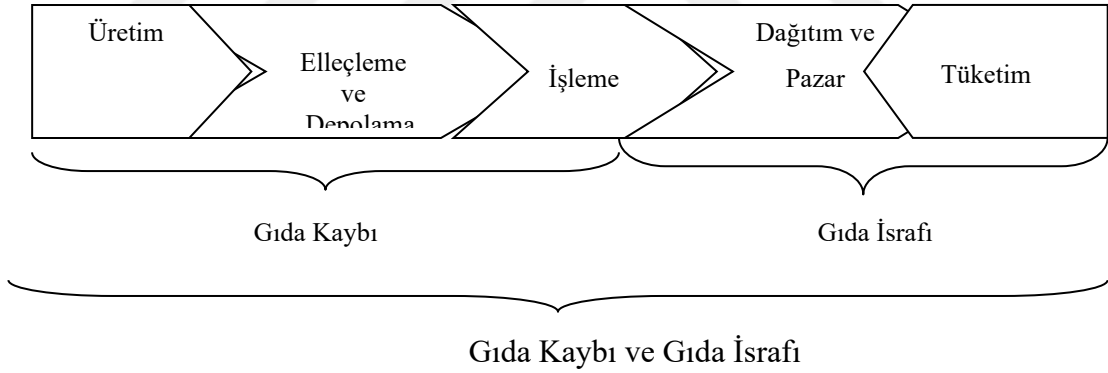
Tablo 2: Çiftçilerden Tüketicilere, Küresel Ortalama Meyve ve Sebze Kayıpları

Tarımsal üretim	10-20%
Hasat sonrası işleme ve depolama	4-10%
İşleme ve paketleme	2-25%
Dağıtım	8-17%
Tüketim	5-28%

Kaynak: Gustavsson vd., (2011).

Soğuk zincirdeki gıdaların kalitesi, özellikle sıcaklık söz konusu olduğunda güvenilir lojistiğe bağlı olmaktadır (Wu vd., 2022). Bozulabilir gıdaların kalitesi, bozulmayan gıdalara göre lojistik sırasında oluşan kalite kaybına daha duyarlıdır. Gıda kaybı ve israfının azaltılması, gıda kalitesi ve güvenliğinin, çevresel sürdürülebilirliğin ve ekonomik refahın artırılmasına katkıda bulunmaktadır (Adamashvili, 2020).

Şekil 2: Gıda Kaybı ve İsrafı Tanımları Çerçevesi



Kaynak: Ishangulyyev vd. (2019).

Gıda israfı ve kaybı küresel olarak önemli zorluklara yol açmakta, özellikle Sahra Altı Afrika bu durumdan etkilenmektedir. Her yıl dünya çapında 1,3 milyar ton gıdanın çöpe atıldığı dikkate alındığında bu durum özellikle şaşırtıcıdır (Durán-Sandoval vd., 2023). Bu kayıpların çoğu, depolama ve nakliye sırasındaki yetersiz izleme ve uygunsuz kullanımdan kaynaklanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde gıda kaybının büyük kısmı tüketim aşamasında meydana gelirken, gelişmekte olan ülkelerde gıda kaybının büyük kısmı üretim aşamasında meydana gelmektedir (Rezaei ve Liu, 2017). Gıda kaybı, gıda ürünün tüketiciye ulaşmadan

önce meydana gelen bozulmaları olarak tanımlanmaktadır (Rezaei ve Liu, 2017). Gıda israfı ağırlıklı olarak gıda değer zincirinin perakende ve tüketim aşamalarında meydana gelirken, gıda kayıpları çoğunlukla zincirin ilk aşamaları ile ilişkilidir.

Dünya giderek gıda kaybı ve israfını azaltmaya odaklansa da bu konudaki görüşler kişiden kişiye ve kültürden kültüre farklılık göstermektedir (Thyberg ve Tonjes, 2016). Gıda kaybı, gıda tedarik zincirinin üretim ve işleme aşamalarında meydana gelen yenilebilir gıda miktarındaki azalmadır. Taze meyve ve sebze pazarı daha küresel ve bağlantılı bir şekilde büyümekte, bu da taze gıdanın kaynaktan varış noktasına taşınma şeklini değiştirmektedir (Wyman, 2018). Meyve ve sebzelere yönelik tedarik zinciri, yeni pazarlar ve değişen tüketici talebi nedeni ile sürekli değişmektedir (Wyman, 2018). Tablo 3'te gıda kaybı ve israfı tanımlar yer verilmiştir.

Tablo 3: Gıda Kaybı ve İsrafı Tanımları

Kavram	Tanım	Kaynak
Gıda kaybı	İnsan tüketimi için üretilen gıdanın ağırlığında (kuru madde) veya kalitesinde (besin değeri) azalma.	FAO
Gıda israfı	İnsan tüketimine uygun gıdanın bozulmaya bırakılması veya son kullanma tarihini geçmesi nedeniyle atılması.	FAO
Gıda israfı	Gıda ve yenmeyen kısımlarının gıda tedarik zincirinden çıkarılarak bertaraf edilmesi (kompostlama, sürülerek yok etme, hasat edilmemesi, anaerobik sindirim, biyoyakıt üretimi, kojenerasyon, yakma, kanalizasyona dökülme, çöplük veya denize atma) veya geri kazanılması.	FUSIONS AB
Gıda kaybı	Tüketici seviyesinden önce gıda tedarik zincirinin tüm aşamalarında, insan tüketimi için üretilen gıdanın miktarında azalma.	Üst Düzey Uzmanlar Paneli
Gıda israfı	İnsan tüketimine uygun gıdanın, tüketici seviyesinde her ne sebeple olursa olsun atılması veya bozulmaya bırakılması.	Üst Düzey Uzmanlar Paneli
Gıda kaybı ve israfı	Gıda israfı, gıda kaybının bir alt bileşeni olup, yenilebilir gıdanın tüketilmemesi durumunda meydana gelir. Atıldığı anda hâlâ yenilebilir olan gıda, gıda israfı olarak kabul edilir.	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA)

Kaynak: Ishangulyyev vd. (2019)

İKİNCİ BÖLÜM

TAZE GIDA LOJİSTİĞİ LİTERATÜRÜ İNCELEMESİ

Bu bölümde, taze gıda soğuk zincir lojistiği üzerine yapılmış araştırmalar incelenmektedir. İnceleme, ilgili literatürde yer alan teorik çalışmaların analizi ile başlanmaktadır. Daha sonra, taze gıda soğuk zincir lojistiğinin konu alanının anlaşılmasını derinleştirmek için ayrıntılı bir inceleme yapılacaktır. Burada incelenen alana önemli bir akademik katkı sağlama amacı ile özellikle taze soğuk zincir lojistiğinin performans yönlerine odaklanılacaktır. Bu doğrultuda literatür taze gıda lojistiği literatür araştırması genel bilgileri ile bozulabilir gıda soğuk zincir lojistiği çalışmaları ve kullanılan yöntemler olmak üzere üç açıdan incelenecektir.

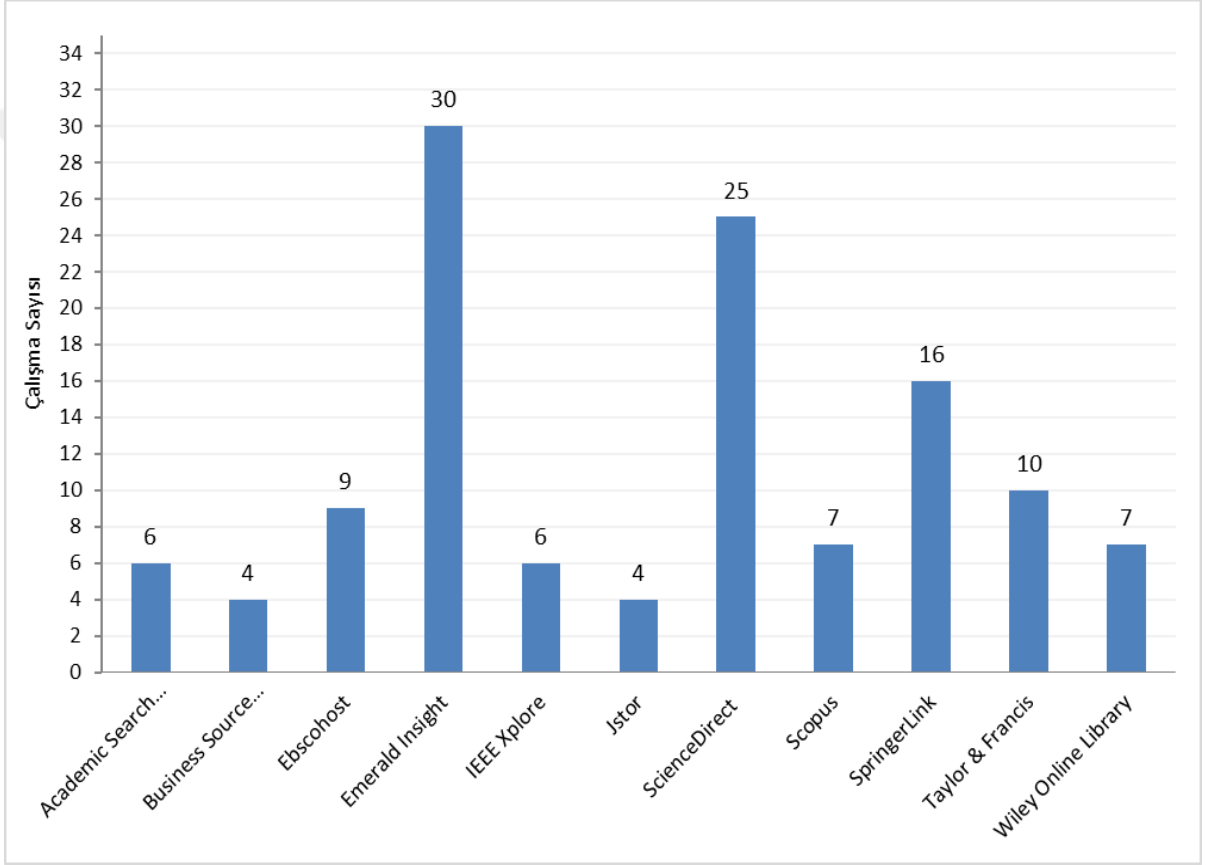
2.1. Taze Gıda Lojistiği Literatür Araştırması Genel Bilgileri

Taze gıda lojistiğinin performansı, gıda güvenliğindeki kritik rolü ve tedarik zincirlerinin verimliliğini ve güvenilirliğini sağlamadaki rolü nedeni ile son zamanlarda araştırmacıların ve akademisyenlerin dikkatini çekmiştir. Bu kesimde, taze gıda soğuk zincirindeki lojistik hizmet sağlayıcılarının performansı ile ilgili kaynaklara odaklanarak 2003 ile 2024 yılları arasında yayınlanmış 124 akademik çalışmanın ayrıntılı bir incelemesi sunulmaktadır. Veri tabanlarında yapılan kaynak aramaları esnasında “Perishable foods supply chain performance”, “Agri-food supply chain”, “Frozen foods supply chain performance”, “cold supply chain performance” anahtar kelimeleri kullanılmıştır.

Literatür incelemesi, Bursa Uludağ Üniversitesi kütüphanesi aracılığı ile erişilen Academic Search Complete, Business Source Ultimate, EBSCOhost, Emerald Insight, IEEE Xplore, JSTOR, ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, Taylor & Francis ve Wiley Online Library gibi uluslararası veri tabanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İnceleme, alanda yapılmış yüksek kaliteli ve ilgili araştırmaların dahil edilmesini sağlamak amacı ile hakemli dergilerde ve konferans bildirilerinde yayımlanmış çalışmaları içermektedir. Literatür çalışması

kapsamında yer alan yayınlar, onbir farklı veri tabanından elde edilmiş olup, en fazla akademik çalışmanın yayımlandığı veri tabanları sırası ile Emerald Insight, ScienceDirect ve SpringerLink olmuştur. Bu çalışmaların veri tabanlarına göre dağılımı Grafik 1’de sunulmaktadır.

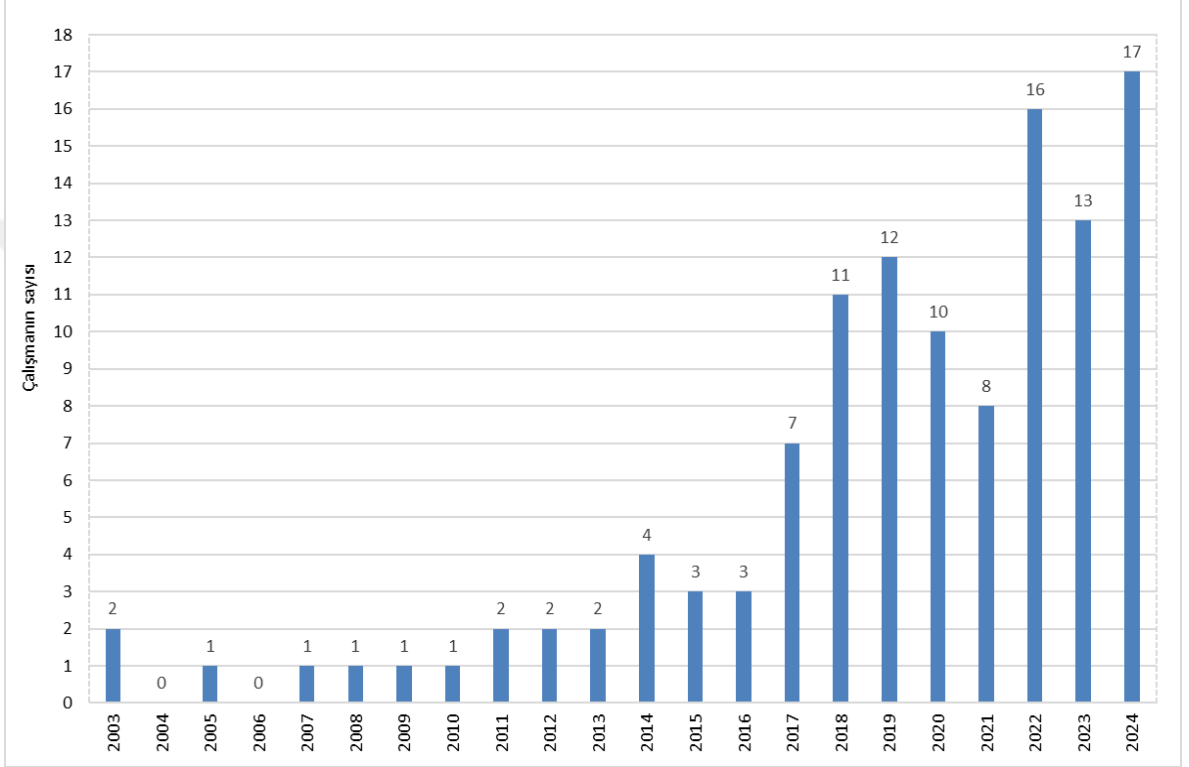
Grafik 1: Çalışmaların Veri Tabanlarına Göre Dağılımı



Bozulabilir gıda lojistiği alanında yapılan çalışma sayısının genel eğilimi, Grafik 2’de görüldüğü üzere artan bir ivme sergilemektedir. 2017 yılından itibaren bu alana yönelik akademik ilgi artmış ve takip eden yıllarda araştırma hacminde belirgin bir yükseliş gözlemlenmiştir. 2020-2021 yıllarında başka bir ifade ile COVİD-19 Pandemisi döneminde düşüş görülmesine rağmen, 2022, 2023 ve 2024 yıllarında araştırmacıların bu konuya olan artan ilgisini yansıtan çalışma sayısında önemli bir artış kaydedilmiştir. 2024 yılı, bozulabilir

gıda lojistiğinin bilimsel bir araştırma alanı olarak artan önemini vurgulayan, en yüksek çalışma sayısının kaydedildiği yıl olmuştur.

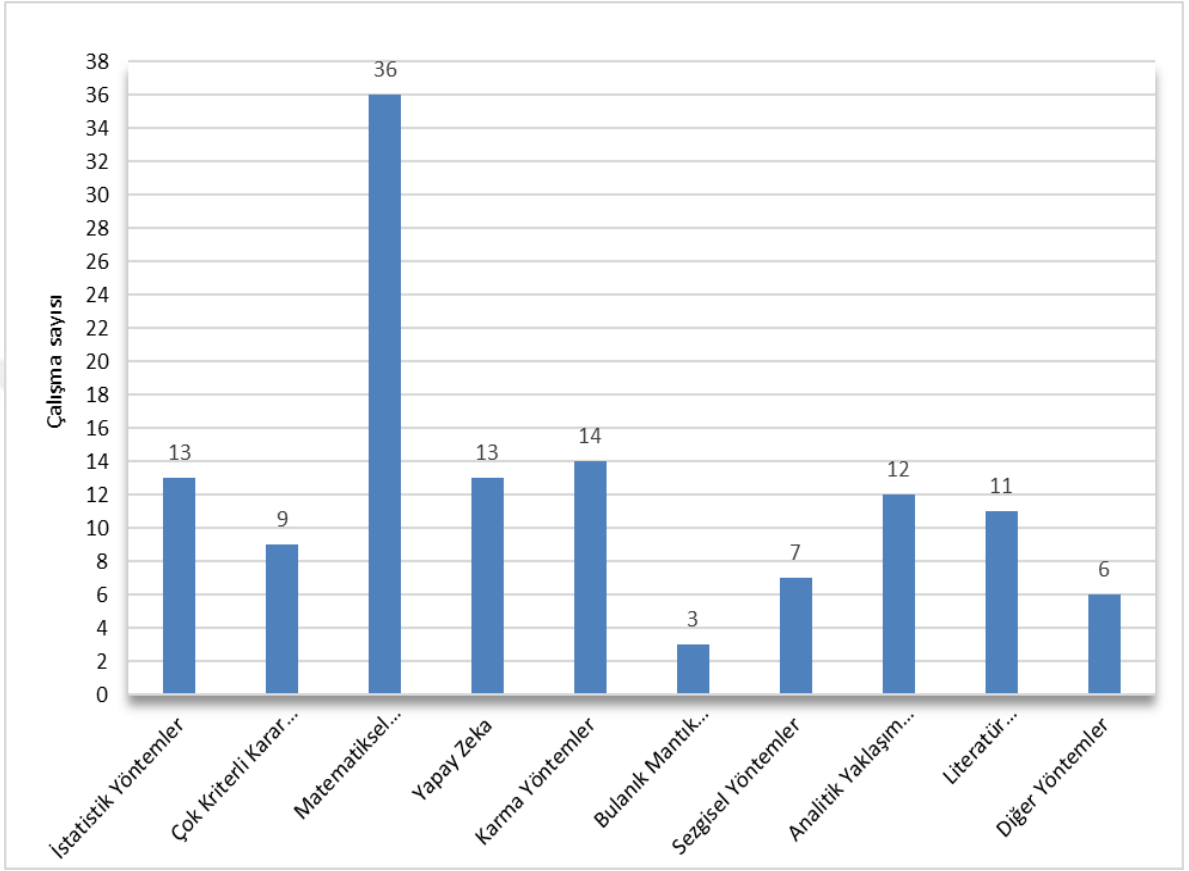
Grafik 2: Çalışmaların Veri Yıllarına Göre Dağılımı



Kaynak: Yazar

Bozulabilir gıda lojistiği alanında yöntemlerin kullanımına ilişkin genel eğilim, literatürde en sık kullanılan yöntemlerin matematiksel yöntemler olduğunu göstermektedir. Bunu, karma yöntemler ve istatistiksel teknikler takip etmektedir. Buna karşılık, bulanık mantık yöntemleri incelenen yaklaşımlar arasında en az tercih edilenlerdir. Bu durum, literatürde önemli bir boşluğa işaret ederek, bozulabilir gıda lojistiğindeki belirli zorlukları ele almak için bulanık mantık yöntemlerinin daha fazla araştırılması ve uygulanmasına yönelik bir potansiyel bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu boşluğun kapatılması, alana yeni bakış açıları kazandırabilir ve disiplinin ilerlemesine katkı sağlayabilir. Bu çalışmaların yöntemlere göre dağılımı Grafik 3'te gösterilmektedir.

Grafik 3: Çalışmaların Veri Yıllarına Göre Dağılımı



Kaynak: Yazar

2.2. Bozulabilir Gıda Soğuk Zincir Lojistiği İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Chermala vd. (2024), Hindistan gıda işleme endüstrisinde soğuk zincir lojistiğinin performansını etkileyen faktörler üzerine bir çalışma sunmuşlardır. Dağıtım, depolama, kalite, talep ve teknoloji gibi temel belirleyicileri belirlemişlerdir. Araştırmada, teorik bir çerçeveyi doğrulamak için yapısal eşitlik modellemesi ile keşifsel ve doğrulayıcı faktör analizini kullanılmıştır. Bulgular, soğuk zincir operasyonlarında verimliliği artırmak ve israfı azaltmak için talep tahmininin, depo yönetiminin ve teknolojik ilerlemelerin önemini vurgulamaktadır. Pratik çıkarımlar, daha iyi altyapı ve stratejik planlama için politika yapıcılar ve endüstri profesyonelleri de dahil olmak üzere paydaşları hedef almaktadır.

Sonuçlar teorik modeli doğrulamış ve faktörlerin soğuk zincir lojistik performansını önemli ölçüde olumlu etkilediğini kanıtlamıştır.

Liu vd. (2024), karbon sınır ve ticaret politikası kapsamında taze ürünler için soğuk zincirde tazeliğin korunması ile karbon emisyonunun azaltılması arasındaki dengeyi incelemişlerdir. Merkezi karar almanın merkezi olmayan sistemlere kıyasla sistem kârlarını, tazelik seviyelerini ve tüketici talebini artırdığını, karbon azaltımının ise sabit kaldığını gösteren bir oyun teorisi modeli geliştirmişlerdir.

Li ve Kim (2024), çalışmada üç aşamalı Veri Zarflama Analizi (DEA) modeli kullanarak 2013 ile 2019 yılları arasında Çin'deki taze gıda soğuk zincir lojistiğinin verimliliğini analiz etmişlerdir. Kuzeybatı ve Orta Yangtze Nehri bölgelerinin Kuzeydoğu Çin'den daha iyi performans göstermesi ile önemli bölgesel farklılıklar gözlemlenmiştir. Araştırma, kaynak yanlış yönetimi nedeni ile yüksek GSYİH bölgelerindeki verimsizlikleri vurguluyor ve soğuk zincir lojistik verimliliğini artırmak için dengeli altyapı, hükümet desteği ve bölge içi iş birliğine olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Shaharudin ve Fernando (2024), çalışmada tedarik zinciri boyunca yapraklı yeşil sebzelerin tazeliğini, güvenliğini ve kalitesini korumada soğuk zincir teknolojisinin kritik rolünü vurgulayarak enerji verimliliği ve operasyonel etkinlik üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Araştırma, uzman görüşmeleri ve görsel araçlar aracılığı ile verileri analiz ederek, soğuk zincirleri tasarlamak ve yönetmek için en iyi uygulamaları belirleyerek, gıda israfı ve sürdürülebilirlik hedeflerine değinirken uzun vadeli tazeliği garantilemek için sıcaklık kontrollü depolama, verimli lojistik ve sistem bütünleşmesi önermektedir. Soğuk tedarik zincirinin karmaşıklığını yönetmenin birincil amacı ürün tazeliğini ve enerji verimliliğini sağlamaktır. Enerji verimliliğinin önemi ne olursa olsun, soğuk tedarik zincirleri nakliye ve depolama için depo yönetimi çözümleri gerektirmektedir.

Rukundo vd. (2024), çalışmalarında Ruanda'daki bahçe bitkileri ihracat firmalarının performansı üzerinde soğuk zincir lojistiğinde ortaya çıkan maliyetlerin, kullanılan teknolojinin ve soğuk zincir mağazalarının coğrafi konumunun etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Korelasyonel bir yaklaşım kullanarak niceliksel ve niteliksel analitik

teknikleri birleştirmektedir. Bulgular, soğuk kamyonların ve odaların bakımında daha yüksek harcamaların, ileri teknolojinin kullanımının ve uygun coğrafi konumlu soğuk zincir mağazalarının daha iyi firma performansı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Çalışma, Ruanda'daki bahçecilik ihracatının rekabet gücünü ve karlılığını artırmak için soğuk zincir lojistiğine ve altyapısına yatırım yapmanın önemini vurgulamaktadır.

Jian vd. (2024), çalışmalarında çok modlu lojistik optimizasyonundaki zorlukları ele almak için Sıcaklık Kontrollü Kerevit Optimizasyon Algoritmasını (TCCOA: Controlled Crawfish Optimization Algorithm) tanıttılar. Kademeli bir soğutma ve olay tetiklemeli ısıtma mekanizmasını bütüneştiren TCCOA, küresel arama ve yerel sömürü dengesini geliştirmektedir. Çok modlu bir soğuk zincir lojistik durumuna uygulandığında, algoritma nakliye maliyetlerini en aza indirir, gecikmeleri azaltır ve geleneksel yöntemlere kıyasla üstün bir yakınsama sağlar. Soğutma maliyetleri, karbon emisyonları ve zamanında olma kısıtlamaları altında lojistiği optimize etme potansiyelini göstermekte ve sürdürülebilir soğuk zincir lojistik gelişimine katkıda bulunmaktadır.

Liu ve Hou (2024), bütçe kısıtlamaları altında şehir içi taze ürün teslimatı için soğuk zincir lojistiğinin optimizasyonunu araştırmışlardır. Ürünlerin bozulabilirliğini ve firma içi lojistik, üçüncü taraf dış kaynak kullanımı ve hibrit yaklaşımlar gibi operasyonel senaryoları hesaba katan dinamik bir kontrol modeli sunmuşlardır. Model, trafik sıkışıklığı ve sınırlı soğuk zincir kapasitesi gibi şehirlerdeki lojistik zorluklar göz önüne alındığında çok önemli olan tazeliğin korunması, bütçe ve teslimat aralığı arasında bir denge kurmayı amaçlamaktadır. Dinamik bir kontrol modeli kullanarak firma içi, dış kaynaklı ve hibrit lojistik yaklaşımları ile operasyonel senaryoları değerlendirmektedirler. Çalışmada, teslimat yarıçapını ve kaynak tahsisini optimize ederek perakendecilerin ürün tazeliğini en üst düzeye çıkarabileceğini ve şikayetleri önleyebileceğini gösterilmektedir. Ayrıca çalışmalarında, soğuk zincir verimliliğini şekillendirmede nüfus yoğunluğunun, ürünün bozulabilirliğinin ve lojistik yatırımın rolünü vurgulamışlardır.

Gitinavard vd. (2024), belirsizlik altında bozulabilir mallar için dağıtım sistemini optimize etmek üzere iki aşamalı etkileşimli olasılıklı programlama modeli sunmuşlardır. Stratejik

depo yeri seçimini operasyonel yönlendirme ve envanter kontrolü ile bütünleştirerek, model dinamik koşullarını, müşteri önceliklendirmesini, zaman pencerelerini ve uzman odaklı karar almaya olanak tanıyan tereddütlü bulanık çok amaçlı optimizasyon yaklaşımı ile sipariş toplamayı dikkate almışlardır. Model; maliyeti, seyahat süresini ve arz/talep uyumsuzluğunu en aza indirerek, model bozulabilir tedarik zincirlerinde verimliliği ve esnekliği arttırmaktadır. Bir vaka çalışması ile modelin etkinliği doğrulanmakta ve belirsiz koşullar altında maliyet verimliliğinde, teslimat güvenilirliğinde ve envanter yönetiminde önemli iyileştirmeler olduğu gösterilmektedir.

Loi vd. (2024), betimleyici istatistikler ve analitik hiyerarşi sürecinin bir kombinasyonunu kullanarak tarımsal lojistiği etkileyen faktörleri belirlemişlerdir. Lojistik firması kapasitesini, talebi, insan kaynaklarını, teknoloji uygulamasını ve altyapı gelişimini temel belirleyiciler olarak vurgulamışlardır. Soğuk zincir lojistiğindeki ve altyapıdaki verimsizlikleri sürdürülebilir kalkınmanın temel engelleri olarak vurgularken, optimizasyon için iyileştirilmiş politika çerçeveleri ve bölgesel entegrasyon önermişlerdir. Çalışmanın bütünleşmiş metodolojisi, Vietnam'ın tarımsal ihracatının rekabet gücünü artırmak için stratejik bir araç sağlamıştır.

Chen vd. (2024), enerji tüketimi ve karbon emisyonlarının azaltılmasını vurgulayarak, çok araçlı bir model altında taze gıda lojistiği için zamanla değişen rotanın optimizasyonunu araştırmışlardır. Yol tıkanıklığı, tazeliğin bozulması ve teslimat kısıtlamaları gibi hususları hibrit bir Tabu Arama-Genetik Algoritması'na (TS-GA) entegre etmiştir. Önerilen algoritma, geleneksel genetik algoritmalara kıyasla genel maliyetleri azaltarak üstün verimlilik göstermiş ve çok araçlı, çok noktalı teslimat zorluklarını ele almada üstün performans göstermiştir. Yazarlar, dinamik lojistik senaryolarında operasyonel, çevresel ve ürün kalitesi hedeflerinin dengelenmesinin önemini öne sürmüşlerdir.

Zeng vd (2024), yapmış oldukları çalışmada taze gıda tedarik zincirlerindeki koordinasyon ve teşvik mekanizmalarını araştırdılar, özellikle üreticiler, dağıtımıcılar ve soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcıları arasındaki etkileşimlere odaklandılar. Araştırmada, koordinasyon teorisini kullanarak, koruma faydalarını optimize etmek için değişen bilgi koşulları altında

senaryoları incelemişlerdir. Şeffaflığın daha iyi koruma sonuçlarını teşvik ettiği ancak bilgi tamamen şeffaf olduğunda teşvik mekanizmalarının etkinliğini azaltabileceği sonucuna varmışlardır. Üreticiler ve dağıtımıcılar arasındaki iş birliği stratejileri, koruma çabalarını önemli ölçüde arttırmış ve soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarını daha yüksek kaliteli hizmetler sunmaya teşvik etmiştir. Çalışmalarında, optimum tedarik zinciri performansına ulaşmak için çaba maliyetleri, çıktı ve iş birliği sinerjilerinin dengelenmesinin önemini vurgulamıştır.

Granillo-Macías vd. (2024), tarımsal gıda tedarik zincirlerinde şeffaflığı, izlenebilirliği ve operasyonel verimliliği artırmak için Lojistik 4.0'da blok zinciri teknolojisinin kullanımını incelemişlerdir. Akıllı sözleşmeleri ve Kamu Katılımı Coğrafi Bilgi Sistemlerini bütünleştirme için önerilen model, yüksek aracılık maliyetleri, opaklık ve lojistik verimsizlikler gibi temel zorlukları ele almışlardır. Çalışmalarında, Meksika'daki arpa tedarik zinciri üzerinde bir vaka çalışması yürüterek, işlem maliyetlerini azaltmada, izlenebilirliği iyileştirmede ve tedarik zinciri boyunca gıda güvenliğini sağlamada blok zincirinin etkinliğini göstermişlerdir. Nesnelerin interneti ve sensör sistemleri gibi tamamlayıcı teknolojilerle bütünleşmek ve farklı tarımsal gıda bağlamlarında daha geniş uygulamaları keşfetmek için gelecekteki araştırmalara ihtiyaç duyulduğunu vurgularken, blok zincirlerinin dönüştürücü bir araç olarak potansiyeline dikkat çekmiştir.

Zhang vd. (2024), çalışmada Yapısal Eşitlik Modellemesi ile bütünleşmiş genişletilmiş bir Planlı Davranış Teorisi çerçevesi aracılığı ile Şanghay ve Pekin'de taze gıda uygulamaları aracılığı ile soğuk zincir lojistik hizmetlerini kullanma konusunda tüketici niyetlerini incelemiştirler. Çalışmalarında, algılanan kullanışlılığın tüketicilerin bu uygulamaları kullanmaya yönelik tutumlarının önemli bir belirleyicisi olduğunu belirlerken, algılanan kullanım kolaylığının doğrudan bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. Tüketici benimseme davranışını şekillendirmede taze gıda uygulamalarının işlevselliğinin, güvenilirliğinin ve algılanan değerinin temel rolünü vurgulamaktadır. Pratik çıkarımlar, uygulama geliştiricilerinin ve soğuk zincir lojistik sağlayıcılarının kullanıcı merkezli tasarımlara öncelik vermeleri, sorunsuz operasyonel verimliliği sağlamaları ve sürdürülebilir tüketici katılımını teşvik etmek için hizmet kalitesini artırmaları gerekliliğini vurgulamaktadır.

Zhang ve Mohammad (2024), bozulabilir gıda soğuk zincir lojistiğinin sürdürülebilirlik zorluklarını ele almak için kapsamlı bir sistematik literatür incelemesi yapmışlardır. PRISMA metodolojisi kullanılarak çerçevelenen çalışma, altyapı yetersizlikleri, aşırı enerji tüketimi, yüksek maliyetler ve iş gücü beceri boşlukları dahil olmak üzere sürdürülebilirliğe yönelik kritik engelleri belirlemişlerdir. Tehditleri, azaltma stratejilerini, karar destek araçlarını ve teknoloji uygulamalarını tartışarak üçlü temel çizgiye ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlara odaklanmışlardır. Çalışmada, atık ve emisyonları en aza indirirken bozulabilir gıda soğuk zincir lojistiği verimliliğini iyileştirmede IoT, RFID ve optimizasyon algoritmaları gibi gelişmiş teknolojilerin potansiyelini vurgulamaktadırlar. Çalışma, sürdürülebilirlik sorunlarını açıklığa kavuşturarak ve dayanıklı, çevre dostu ve uygun maliyetli tedarik zincirleri elde etme konusunda içgörüler sunarak bozulabilir gıda soğuk zincir lojistiği literatürüne katkıda bulunmuştur.

Birkmaier vd. (2024), endüstri uzmanlarının katıldığı iki aşamalı bir Delphi yönteminden elde edilen içgörülerini kullanarak, bozulabilir gıda tedarik zincirlerindeki gıda israfını azaltmada veri odaklı tahmin sistemlerinin rolünü araştırdılar. Promosyonlar ve hava durumu etkileri gibi harici gerçek zamanlı veri ve talep değerlendirme özelliklerinin tahmin süreçleri ile bütünleştirilmesinin önemini vurguladılar. Yatay iş birliği ve veri paylaşımı için geliştirilmiş bir çerçeve, tedarik zinciri planlamasının atık önleme hedefleri ile uyumlu hale getirmek için temel gereklilikler olarak gösterilmiştir. Ayrıca, iş birliği stratejileri ve gelişmiş analizler de dahil olmak üzere yapısal ve işlevsel uyarlamalar, envanter yönetimini optimize etmek ve sürdürülebilirliği iyileştirmek için elzem olarak görülmüştür. Bu bulgular, tedarik zinciri tahmin yöntemlerini iyileştirmeye ve bozulabilir gıda lojistiğinde sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmeye yardımcı olmaktadır.

Luo ve Deng (2024), aynı anda finansal maliyetleri ve çevresel etkileri en aza indirerek ve müşteri memnuniyetini optimize ederek bozulabilir gıda tedarik zincirlerinin karmaşıklığını yönetmeyi amaçlayan kapsamlı birçok amaçlı programlama modeli önermektedirler. Çalışma, gıda bozulabilirliği ve yaşam döngüsü belirsizliğinin ortaya koyduğu içsel zorlukları kabul etmekte ve tedarik zinciri dayanıklılığını iyileştirmek için sağlam optimizasyon yöntemlerini yenilikçi K-Domain yaklaşımı ile bütünleştirmektedir. Yazarlar,

çevresel ve sosyal hususların önemli etkisini vurgulamışlar ve K-Domain stratejisinin ağ karlılığını etkili bir şekilde iyileştirirken çevresel maliyetleri yaklaşık %35 oranında azalttığını ve müşteri memnuniyetini artırdığını göstermişlerdir. Ayrıca ekonomik verimliliği sürdürülebilirlik hedefleri ile dengelemenin önemini vurgulamışlar ve bozulabilir tedarik zinciri sistemlerinde belirsizliği yönetmek için sağlam bir analitik çerçeve sunmaktadırlar.

Chen vd. (2024), dinamik yol sıkışıklığı, enerji tüketimi, karbon emisyonları ve navlun hasar maliyetlerini dikkate alan çok araçlı taze gıda lojistiği için kapsamlı bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Çalışma, araç kapasiteleri, teslimat için zaman pencereleri ve zamanla azalan taze ürünlerin bozulabilirliği gibi kritik operasyonel kısıtlamaları dikkate almaktadır. Genetik algoritmaların küresel arama yeteneklerini ve tabu aramasının yerel arama verimliliğini kullanarak NP-Zor problemini çözmek için bir hibrit genetik tabu arama algoritması kullanılmıştır. Sonuçlar, modelin zamanla değişen trafik koşullarına uyum sağlarken nakliye maliyetleri, karbondioksit emisyonları ve ürün tazeliğini etkili bir şekilde dengelediği için çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini operasyonel verimlilikle birleştirmenin önemini vurgulamaktadır.

Tang vd. (2024), bu çalışmada Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin, Lojistik 4.0 bağlamında soğuk zincir lojistiğinin hizmet kalitesi üzerindeki etkisini, taze ürün içeren e-ticarete odaklanarak incelemişlerdir. Sekiz boyut ve 40 ilişkili değişkene sahip teorik bir çerçevenin kullanıldığı çalışma, temel ilişkileri analiz etmek için yapısal denklem modellemesini kullanmaktadır. Çalışmada, Nesnelerin İnterneti'nin kullanım kolaylığının, hizmetlerin kişiselleştirilmesinin ve yerine getirmenin güvenilirliğinin müşteri memnuniyeti için önemli faktörler olduğu bulunmuştur. Çalışma, taze ürün e-ticaretinin özel gereksinimlerine göre uyarlanmış özelleştirilmiş lojistik hizmet kalitesi modellerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır ve lojistik operasyonlarını iyileştirmek, hizmet kalitesini artırmak ve hızla gelişen bir pazarda rekabet avantajını sürdürmek için gelişmiş Nesnelerin İnterneti çözümlerinin bütünleştirilmesini savunmaktadır.

Zhao (2023), çalışmasında tarım ürünleri için soğuk zincir lojistik sistemlerinin geliştirilmesine yardımcı olan önemli faktörleri ele almıştır. Araştırmada, yorumlayıcı

yapısal modelleme (ISM) tekniği kullanarak, arz, talep, bilgi, çevre, iş birliği ve lojistik olmak üzere altı ana risk faktörünü tespit etmiştir. Araştırmada, bu faktörlerin etkin yönetilmesini ve tarım ürünleri tedarik zincirindeki gelişmelerin desteklenmesini hedeflemektedir. Bu çalışma, soğuk zincir lojistik bilgisine önemli katkılarda bulunarak tarım sektörünün modernleşmesinin altını çizmektedir.

Liu (2023), bozulabilirlik, düşük ekonomik marjlar ve lojistik karmaşıklıkla ilgili zorlukların üstesinden gelmeye odaklanarak büyük veri odaklı bir yaklaşımla tarımsal lojistik taşımacılığının mekanizmalarını ve verimliliğini araştırmıştır. Lojistik karar almayı geliştirmek için bulanık gri ilişkisel analiz ve destek vektör makinelerini kullanan analitik bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada, ağ bağlantısı, rota uyarlanabilirliği ve düğüm erişilebilirliği dahil olmak üzere lojistik verimliliğini etkileyen kritik faktörleri belirler. Bu bütünleştirici çerçeve, çevresel ve politika sınırlamaları gibi kritik kısıtlamaları ele alarak tarımsal lojistik sistemlerini sürdürülebilir bir şekilde ilerletmede büyük veri analitiğinin potansiyelini vurgulamıştır.

Del Aguila ve Jiménez (2023), güneydoğu İspanya'daki meyve ve sebzeler için Kısa Tarım-Gıda Tedarik Zincirlerinde Son Mil Lojistiğini (LML) araştırıp gıda israfının azaltılması, tüketiciye yakınlığın artırılması ve daha sağlıklı tüketim yolu ile sürdürülebilirliğe katkılarını vurgulamaktadırlar. Çalışmada hem sürdürülebilirlik fırsatlarını hem de yetersiz soğutma ve ambalaj atığı gibi zorlukları ortaya koyan bir vaka çalışması yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek ve ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar elde etmek için paydaş iş birliğinin ve hibrit tedarik zincirlerinin kritik olduğunu savunmaktadırlar. Sürdürülebilir ve verimli tarım-gıda lojistiğine ulaşmak için hibrit tedarik zincirlerine Son Mil Lojistiğinin entegre edilmesi bir yol olarak önerilmektedir.

Miao vd. (2023), bozulabilir tarım ürünleri için soğuk zincir lojistik yollarını optimize etmek üzere zaman penceresi kısıtlamalarına sahip iyileştirilmiş bir karınca kolonisi optimizasyon modeli önermişlerdir. Çalışmada, geleneksel algoritmaların sınırlamalarını ele almakta ve küresel yakınsama verimliliğini iyileştirmek için optimize edilmiş bir feromon güncelleme mekanizması ve dinamik bir yardımcı faktörü entegre etmektedir. Geleneksel genetik

algoritmalarla karşılaştırıldığında, iyileştirilmiş karınca kolonisi optimizasyonu üstün yol optimizasyonu, azaltılmış taşıma mesafesi ve iyileştirilmiş boşaltma verimliliği göstererek verimli ve güvenilir soğuk zincir lojistiği için sağlam bir çerçeve sağlamıştır.

Pang vd. (2023), COVID-19 salgını ve jeopolitik çatışmalar gibi benzeri görülmemiş kesinti zamanlarında bozulabilir malların dağıtımının zorluklarını ele almak için sağlam bir optimizasyon çerçevesi geliştirmişlerdir. Bu çalışma, ürünlerin maliyet etkinliği ve uygulanabilirliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olan transit gecikmeleri ve hizmet kesintileri de dahil olmak üzere çok modlu ulaşım ağlarındaki belirsizliklerin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır. Önerilen sağlam karma tamsayı doğrusal programlama modeli, çözümün muhafazakarlığını ayarlamak için bir “belirsizlik bütçesi” dikkate alırken, taşıma, elleçleme ve ürün bozulma maliyetleri de dahil olmak üzere toplam dağıtım maliyetlerini en aza indirmektedir. Ek olarak, hesaplama performansını ve uygulanabilirliğini iyileştirmek için Değişken Komşuluk Arama (VNS) algoritması tanıtılmıştır.

Abougharib vd. (2023), çalışmalarında dinamik lojistik altında Kalan Raf Ömrünü (RSL) tahmin eden taze meyve ve sebzeler için gerçek zamanlı, invaziv olmayan bir Raf Ömrü Tahmin Modeli (SLEM) sunmuşlardır. Sıcaklık ve nem verilerini kullanarak, solunum analizi yolu ile bozulma oranları hesaplanmakta ve yıkıcı ön testlerden kaçınılmaktadır. Çilek, ıspanak ve kayısı ile doğrulanan model, soğuk zincir lojistiği ve kalite izleme için uygulanabilirliğini göstererek doğru tahminler elde etmişlerdir. Modelin sonuçları istatistiksel olarak sağlanmış ve soğuk zincir lojistiği ve tedarik zinciri optimizasyonunda uygulanabilirliğini desteklemiştir.

Akram vd. (2023), mevcut durumunu değerlendirmek, bilgi boşluklarını belirlemek ve sektörün endişelerini çözmek için bir çerçeve sağlamak amacıyla bozulabilir gıda soğuk zinciri yönetimine ilişkin literatürü analiz etmişlerdir. Gıda soğuk zinciri tesislerinin birbirine bağlılığını, gıda soğuk zinciri aktörleri arasındaki iş birliğini, gıda soğuk zinciri paydaşlarının ilgisini, ekonomik gelişmeyi, gıda soğuk zinciri paydaşlarının sorumluluklarının yerine

getirilmesini ve gıda soğuk zincirinin genel işleyişini gösteren kavramsal bir çerçeve geliştirmişlerdir.

Ma vd. (2023), çalışmalarında temel amaç, taze ürünler için bir tedarik zincirini analiz etmektir. Çalışmada tedarik zinciri, blockchain teknolojisini kullanabilen bir tedarikçiyi, gizli talep verilerine erişimi olan bir perakendeciyi ve ürünlerin tazeliğini korumaktan sorumlu bir üçüncü taraf lojistik sağlayıcısını içermektedir. Çalışma, blockchain teknolojisini benimseme stratejisini ve özellikle 3PL ile tedarikçi arasında bilgi paylaşımına yönelik yaklaşımı araştırmaktadır. Bunu başarmak için bu stratejilerin nasıl etkileşime girdiğini analiz eden çok aşamalı bir oyun modeli geliştirildi. Bulgular, blockchain teknolojisinin uygulanması ile ilgili maliyetler makul olduğunda perakendecinin, blockchain'in benimsenmesini teşvik etmek için tedarikçi ile stratejik olarak bilgi paylaşabileceğini göstermektedir.

Arora vd. (2023), çalışmalarında taze tarım ürünü lojistiği için yönetim sistemlerinin tasarlanması konusunda yeni bir yaklaşım sunmakta ve özellikle taze tarım ürünü tedarik zincirleri arasında etkili bağlantı eksikliğinin olduğu gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak karşılaşılan zorlukları ele almaktadırlar. Yapısal eşitlik modellemesinin kullanımı yolu ile soğuk zincir sorunları ve performansı üzerine deneysel bir çalışma, altyapı tesisi, güvenlik ve kalite, farkındalık ve idare uygulamaları ve yanıt verebilirlik gibi çeşitli faktörlerin soğuk zincir performansı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu buldular. Ancak soğuk zincir operasyonlarının etkinliğini daha da artırmak için entegrasyon, sürdürülebilirlik ve izlenebilirliğin uygulanmasına yönelik çabaların arttırılmasına ihtiyaç vardır.

Su vd. (2023), kurumsal teoriyi, paydaş teorisini ve üçlü kârlılık modelini bütünleştirdikleri bu çalışma, Çin'deki tarımsal gıda soğuk zincir organizasyonlarının sürdürülebilir gelişimini incelemişlerdir. Araştırmacılar, bu alandaki 16 farklı kuruluştan uzmanlarla anket yaptı ve analiz için çekişmeli yorumlama yapısı modelini kullanmıştır. Paydaş baskısını etkili bir şekilde yönetmenin, tüm stratejiler arasında en etkili kritik başarı faktörü olarak ortaya çıktığını ortaya çıkarmışlardır. Bu strateji, diğer kritik başarı faktörlerini harekete geçirerek Çin'deki tarımsal gıda soğuk zincirinin genel sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca çalışma, çeşitli stratejilerin birbirine bağımlılık ve baskınlık düzeylerini belirleyerek

tarımsal gıda soğuk zincir organizasyonlarında iş stratejilerinin ve çevre politikalarının geliştirilmesine yönelik değerli bilgiler sağlamıştır. Genel olarak çalışmada, bu kuruluşların sürdürülebilirliğini artırmak için sağlam bir teorik temel oluşturmaktadır.

Hassan vd. (2023) bu çalışmada, üçüncü taraf lojistik sağlayıcılarının Teknoloji-Organizasyon-Çevre çerçevesi aracılığı ile Malezya’da soğuk taşımacılık hizmetlerini benimseme niyetlerini incelemekte ve üst yönetim desteğinin ve kurumsal hazırlığın aracılık rollerini vurgulamışlardır. Müşteri talebi, birincil itici güç olarak ortaya çıkarken, göreceli avantaj kurumsal hazırlığın aracılığı ile benimsemeyi dolaylı olarak etkilemektedir. Sıralı aracılık analizi, üst yönetim desteğinin ve kurumsal hazırlığının birlikte benimseme yollarını geliştirdiğini doğrulayarak kaynak tahsisi ve stratejik uyumun kritik rolünü vurgulamaktadır. Teknoloji-Organizasyon-Çevre modeline katkıda bulunuyor ve gelişmekte olan ekonomilerde soğuk zincir lojistiğindeki benimseme zorluklarını ele alma konusunda pratik içgörüler sunmaktadır.

Görçün vd. (2023), küresel perakende zincirleri için sürdürülebilir taze gıda tedarikçilerinin seçilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Taze meyve ve sebzeler için lojistik hizmet sağlayıcılarının seçimini etkileyen faktörleri analiz etmek için bipolar nütrosifik kümeleri ve BN-VIKOR prosedürünü içeren kapsamlı bir yaklaşım kullandılar. Çalışmada, lojistik firmalarının hizmet kapasitesinin en etkili faktör olduğunu vurgulamışlardır. Perakende sektöründeki uygulayıcılara ve karar vericilere sürdürülebilir taze gıda tedarik zincirleri kurmada değerli bilgiler sunmaktadır.

Chen vd. (2023) tarafından geliştirilen yeni yöntem, taze gıda lojistiği hizmetlerinin kalitesini değerlendirmek için çevrimiçi müşteri yorumlarını kullanmaktadır. Bu yöntemde, JD.com’dan gelen geri bildirimler duyarlılık analizi ve TF-IDF algoritmasının birleşimi ile analiz edilmektedir. Değerlendirme sistemi altı boyutu içermekte olup, güvenilirlik, güvenlik, zamanında teslimat, ekonomiklik, hoşluk ve konfor gibi faktörleri kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar, lojistik maliyetlerinin azaltılması, profesyonel paketleme sağlanması ve bilgi geri bildiriminin artırılması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma, lojistik

hizmetlerin değerlendirilmesine katkıda bulunmakta ve yeni B2C e-ticaret girişimleri için öngörüler sunmaktadır.

Sharma vd. (2022), mevcut COVID -19 salgını bağlamında tedarik zinciri görünürlüğü, tedarik zinciri hızı ve sürdürülebilir uygulamalar arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu çalışmada, COVID -19 salgını sırasında bozulabilir gıdalar için Birleşik Krallık perakende yöneticilerinden deneysel bir bir çalışma yaparak müşteriler ve tedarikçilerle bilgi paylaşımının ve tedarik zinciri izlenebilirliğinin görünürlüğü nasıl etkilediğini açıklamak için koşullu kaynak tabanlı görüşü uygulamışlardır. Araştırma bulguları hem tedarik zinciri izlenebilirliğinin hem de bilgi paylaşımının (müşterilerle) görünürlüğü olumlu etkilediğini göstermektedir. Bu ampirik araştırma, etkili bilgi paylaşımının, bir firmanın beklenmedik olaylar karşısında bile dalgalanan talebi daha iyi koordine etmesini ve daha iyi görünürlük elde etmesini sağladığını göstermektedir. Bu kazanılan tedarik zinciri görünürlüğü, bir firmanın tedarik zinciri hızını iyileştirmesini sağlayarak daha memnun tüketiciler ve iyileştirilmiş tedarik zinciri performansı sağlamışlardır.

Chen vd. (2022) çalışmalarında, kaynak maliyetleri, gıda kalitesi ve güvenliği ile sera gazı emisyonları arasında denge sağlanması amacıyla sürdürülebilir gıda soğuk zincir lojistiğini araştırmaktadırlar. Makalede, mikro-çevresel izleme, yaşam döngüsü değerlendirmesi ve gıda soğuk zincir lojistiğinin küresel etkisi gibi konuların yanı sıra, devam eden araştırmalar, zorluklar ve gelecek eğilimler ele alınmaktadır. Yazarlar, verimli ve çevre dostu gıda soğuk zincir lojistiğine ulaşmak için teknolojik gelişmelerin, yönetim uygulamalarının optimize edilmesinin ve uygun politikaların uygulanmasının önemini vurgulamaktadır.

Nguyen vd. (2022), Vietnam'da sürdürülebilir soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarını değerlendirmek amacıyla bir vaka çalışması yürüttüler. Bu çalışmada, gri analitik hiyerarşi süreci (G-AHP) ve gri karmaşık orantılı değerlendirme (G-COPRAS) metodolojileri bütünlleştirildi. Araştırma, ürün kalitesi, lojistik maliyetler, yenilikçilik ve soğuk zincir süreçlerinin verimliliği gibi faktörlerin önemini vurgulamıştır. Sonuçlar, Yoshida Saigon firmayı performans açısından en üst sıralarda yer aldığını göstermiştir.

Lim vd. (2022) taze gıda taşımacılığı, düşük sıcaklıkta bir ortamı sürdürmek, gıda israfını azaltmak ve ürün güvenliğini sağlamak için soğuk zincir lojistiği gerektirir. Sonuç olarak, sıcaklık kontrolü soğuk zincir lojistiği için büyük bir zorluktur. Hibrit mayıs sineği algoritmasına (MA) ve aşırı öğrenme makinesine ((ELM) dayanan bu çalışma, frigorifik araçların sıcaklığı ve klimaların durumu (hava hızı ve hava sıcaklığı) için bir tahmin modeli sunmuşlardır.

Trang vd. (2022), tarım ve gıda soğuk zincirlerindeki işbirlikçi ortaklıkların kapsamlı bir incelemesini ve kategorize edilmesini gerçekleştirdi. İşbirliğinin bu zincirlerin performansı üzerindeki etkisinin analizine ilişkin literatürdeki mevcut sorunları belirlediler. Tarım ve gıda soğuk zincir performansı ve ortaklık entegrasyonunun geliştirilmesi konusunda gelecekteki araştırmalar için potansiyel alanları belirlemiştir.

Abbas vd. (2022), çalışmalarında eski tedarik zinciri ağları ile karşılaştırıldığında, bir kuşak sonrası bir yolun daha sürdürülebilir, sağlam ve kaliteli ve güvenli gıda sağlamada ilerleme gösterdiğini ortaya çıkarmışlardır. Bu çalışmanın temel amacı, sağlam bir ticari tedarik zinciri ağı aracılığıyla bozulabilir gıda güvenliği ve kalite artışlarını göstermektir. Çalışmada, bozulabilir gıdaların çeşitli ülkelere teslimatı sırasında büyük miktarda süreyi en aza indirebilen gelişmiş ulaşım ağına, teknolojiye, doğru stratejilere, kısa rotaya ve eğitimli personele dayanan tek kuşak tek yol sağlam tedarik zinciri ağını tanıtmışlardır.

Chavalala vd., (2022), soğuk tedarik zincirlerinde blockchain teknolojisinin uygulanmasını engelleyen engelleri araştırmak için çok yöntemli bir çalışma yürüttü. Bu bağlamda blockchain teknolojisinin uygulanmasının önündeki çeşitli engelleri belirlediler ve incelediler. Amaçları, soğuk tedarik zincirlerinde blockchain teknolojisinin uygulanması ile ilgili temel engellerin aşılmasına yönelik bir model geliştirmek ve doğrulamaktır. On önemli engel belirlediler, modellediler ve analiz ettiler. Yazarlar, bu engeller arasında üst yönetimin zayıf liderlik tarzının, soğuk tedarik zincirlerinde blockchain teknolojisinin uygulanmasının önündeki en kritik engel olduğunu bulmuştur.

Li ve Li (2022), karışık zaman pencere, çok depolu bozulabilir gıda dağıtım problemi için Hibrit parteno-genetik algoritma önermişlerdir. Bayat yiyecekler ve erken veya geç teslimat,

müşteri memnuniyetini azaltır ve dolayısıyla kurumsal karlara zarar verir. Bu sorunu önlemek için gıda firmaları genellikle frigorifik kamyonlar ve çoklu dağıtım merkezleri kullanılmakta ve bu da ek maliyetler getirmektedir.

Badraoui vd. (2022), çalışmalarında tarımsal gıda tedarik zincirlerinde yatay lojistik iş birliğinin öncüllerini analiz ettiler ve sektöre özgü özelliklerin iş birliğinin dinamiklerini nasıl etkilediğine odaklandılar. Anket verileri ve yapısal eşitlik modellemesi kullanılarak yapılan çalışmada, güven ve bağlılığın iş birliği faaliyetleri ile sonuçları arasındaki ilişkiyi aracılık ettiğini ve ortak memnuniyetini artırdığını göstermektedir. İş birliğinin ilişkideki güveni ve bağlılığı iyileştirdiği ve bunun da memnuniyeti artırdığı varsayımını desteklemektedir. Sonuçlar ayrıca, belirli yatırımların bağlılık üzerindeki dolaylı etkisi şeklinde gıda tedarik zinciri özelliklerinin yatay lojistik iş birlikleri üzerinde küçük bir etkisinin varlığını göstermektedir.

Do ve Huang (2022), bu çalışmalarında Tayvan taze meyve sektörü örneği üzerinden hangi temel parametrelerin sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi uygulamalarını etkilediğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ile ilgili on iki özellikten oluşan bir dizi belirlediler ve bu göstergelerin uygunluk derecesini ölçmek için TOPSIS tekniğini kullandılar. Bulgulara göre, “İş birliği”, “Dağıtım ve Lojistik hizmeti” ve “Müşteri” son derece önemli olarak değerlendirilirken, “Depo/Depolama”, “Organizasyonel sosyal sorumluluklar” ve “İşleme ve paketleme” önceliklendirilen sıralamada daha alt sıralarda yer almıştır.

Shareef vd. (2022), Covid-19’da sosyal izolasyon döneminde tedarik, lojistik yönetimi, envanter kontrolü ve çabuk bozulan öğelerin (sebze, meyve, çiçek ve balık gibi) dağıtımı ile ilgili zorlukları incelemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirdiler. Çalışma, tedarik zincirindeki çeşitli üyeler arasındaki çatışan çıkarları belirlemeyi, envanter ve bilgi paylaşımı uygulamalarını analiz etmeyi ve herhangi bir organizasyonel anlaşmazlığı veya tedarik zincirindeki gereksiz, gereksiz veya yolsuz üyelerin varlığını ortaya çıkarmayı amaçladı. Bu çalışma, bozulabilir gıda maddelerinin tedarik zincirinde yer alan paydaşlar arasındaki ilişkileri incelemek için keşfedici bir yaklaşım kullanmıştır. Araştırma tasarımı, alan

araştırmalarını, kırsal ve uzak bölgelerdeki mevcut tedarik zinciri üyelerinin gözlemlerini ve çalışma hedeflerine ulaşmak için görüşmeler yapılmasını içermektedir. Bulgular, çabuk bozulan gıda maddelerinin tedarik zincirinin öncelikli olarak özel kuruluşlar tarafından kontrol edildiğini ancak pragmatik bir bakış açısının, hükümetin koordinasyon rolü oynadığı özel-kamu ortaklıklarının önemini ortaya çıkardığını göstermektedir. Üyeler arasında sürekli etkileşim, koordinasyon ve bilgi paylaşımı, optimal ve ölçeklenebilir bir ağ oluşturmak ve gereksiz düğümleri ortadan kaldırmak ve böylece tedarik zincirinin etkin yönetimini sağlamak için önemli faktörler olarak tanımlanıyor.

De Moraes vd. (2022), özellikle meyve ve sebzelerle ilgili olarak gıda israfına katkıda bulunan temel faktörleri ve bunların hem süpermarket hem de tedarikçi düzeyinde önleme uygulamalarıyla bağlantısını incelemişlerdir. Dört Brezilya süpermarket zincirini ve ilgili tedarikçilerini içeren örnek olay incelemelerini kullanmışlardır. Süpermarketler gıda israfını en aza indirme konusunda endişe gösterirken, çabalarının öncelikle dahili önleme tedbirlerine odaklandığını, bunun da süpermarketler ve tedarikçiler arasında iş birliği ve bilgi paylaşımı eksikliğine işaret ettiğini ortaya çıkarmışlardır. Çalışmada, gıda israfının temel nedenlerini belirleyerek ve hem süpermarketler hem de tedarikçiler için faydalı olabilecek önleme uygulamalarının bir listesini sunarak mevcut literatüre katkıda bulunmaktadır.

Lejarza ve Baldea (2022), bozulabilir ürünler için tedarik zincirlerinde birden fazla kalite özelliğini etkili bir şekilde izlemeyi amaçlayan gelişmiş bir optimizasyon çerçevesi geliştirdi. Sevkiyat ve depolama sırasındaki çevresel koşullar nedeniyle kalite özelliklerinin zaman içinde geliştiğı bozulabilir ürün tedarik zincirlerinde optimum üretim ve dağıtım planlaması için hesaplama açısından verimli bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Yaklaşımlarının ölçeklenebilirliğini geliştirmek için bir model azaltma stratejisi ve bir ayrıştırma çerçevesi önerdiler. Teorik bulgularını doğrulamak ve önerilen tedarik zinciri yönetimi planının faydalarını göstermek için çeşitli ağ örnekleri kullanılarak kapsamlı sayısal simülasyonlar gerçekleştirildi.

Thi vd. (2022), çalışmalarında Vietnam'daki soğuk zincirin durumu ve ülkenin gıda zincirindeki mevcut gıda kaybı sorununa odaklanılmıştır. Soğuk zincirin Vietnam'da tarım ürünlerinin korunmasında ve gıda kaybının azaltılmasında çok önemli bir faktör olduğu belirlendi. Çalışma, Vietnam'daki gıda kaybının endişe verici durumunu vurguladı ve gıda kaybını azaltmanın, lojistik firmalarının ve tedarik zincirinin tamamındaki çeşitli paydaşların çiftlikten sofraya kadar gıda kaybının çeşitli nedenlerini ele alan işbirlikçi çabalar gerektirdiğini vurgulamaktadır. Çalışmada Vietnam'daki soğuk zincire genel bir bakış sunulmuş, gıda kaybının mevcut durumu incelendi, gıda kaybının temel nedenleri belirlenmiş ve bu soruna yönelik potansiyel çözümler önerilmiştir.

Castro vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, çok amaçlı, çok ürünlü ve çok kademeli bir karma doğrusal programlama modeli önerilmektedir. Bu modelin temel amacı, bozulabilir gıdaların lojistik ağını optimize etmek için kayıpları en aza indirmek, teslim sürelerini azaltmak ve hizmet verilen perakende mağaza sayısını maksimize etmektir. Bu optimizasyon, özellikle arz eksikliği dönemlerinde, gıda güvenliğini sağlamak için bulunabilirlik ve erişimi iyileştirmenin hayati öneme sahip olduğu durumlarda önemlidir. Model, gıdanın sıcaklık ve bağıl nemden etkilenen çabuk bozulma özelliğini dikkate almaktadır ve bir örnek olay çalışması olarak bozulabilir meyve tedarik zincirine uygulanmaktadır.

Ramos vd. (2022), tarım-gıda firmalarının performanslarını değerlendirme ve yönetme konusunda karşılaştıkları zorluklara odaklanmışlardır. Tarım-gıda tedarik zincirleri için entegre bir performans ölçüm sistemi için temel faktörleri belirlemeyi amaçladılar. Araştırmacılar, tarım-gıda sektöründe tedarik zinciri performansını etkileyen kritik faktörleri araştırmak için Peru kiwicha tedarik zincirini anlamlı bir bağlam olarak kullandılar. Performans ölçümü için hiyerarşik bir model önermek amacıyla bulanık MICMAC yöntemleriyle birlikte yorumlayıcı yapısal modellemeyi (ISM) kullandılar. Sonuçta ortaya çıkan kiwicha tedarik zinciri performans yönetimi modeli, yöneticiler için değerli bilgiler sunar ve tarım-gıda tedarik zinciri içindeki rekabet eden önceliklerin yönetimini ele alarak akademik teoriye katkıda bulunmaktadır.

Wu ve Lin (2021) tarafından yapılan çalışma, gerçek bir sıcaklığa duyarlı süt teslimatı vakası kullanarak bozulabilir gıda lojistiğinin hizmet kalitesini incelemektedir. Bu çalışma, gerçek veriler üzerinde test edilen normal kaza teorisi ve paydaş teorisine dayalı, bozulabilir gıda soğuk zincir lojistiğinde kalite kontrolü için iş analizi geliştirmeye odaklanmaktadır.

Yu ve Xiao (2021) çalışmalarında, taze ürün tedarik zincirlerinde soğuk zincir hizmetleri için dış kaynak kullanım modları araştırılmış ve tedarikçiler ve perakendeciler tarafından yapılan dış kaynak kullanımları karşılaştırılmıştır. Oyun teorisi modelleri kullanılarak, her modu destekleyen koşullar hizmet maliyetleri, Pazar büyüklüğü ve karar dizilerine göre belirlenmiştir. Temel bulgular arasında, geleneksel hacim indirimi şemaları altında üçüncü taraf lojistik sağlayıcıları için perakendeci dış kaynak kullanımının karlılığı yer alırken, hem tedarikçi hem de perakendeci tercihleri düşük hizmet maliyetlerine ve yüksek Pazar büyüklüğüne bağlıdır. Tedarikçi ve perakendeci arasındaki karar dizisinin bu dinamik üzerinde önemli bir etkisi vardır ve dış kaynak kullanım modlarını Pazar ve maliyet koşullarına uyarlamanın stratejik önemini vurgular.

Han vd. (2021), RFID (radyo frekansı tanımlama) teknolojisi, sensör ekipmanı, GPS sistemi, hiyerarşik bulanık PID kontrolü ve diğer Nesnelerin İnterneti teknolojilerini kullanarak soğuk zincir lojistiği için bir dizi akıllı sistem geliştirdi ve Nesnelerin İnternet'inin etkisini incelemiştir.

Yan vd. (2021), lojistik hizmet sağlayıcıları açısından gıda kaybı ve israfının nedenlerini araştırmış ve Çin pazarı için sürdürülebilir çözümler önermiştir. Araştırma, 2008 ile 2021 yılları arasında yayımlanan gıda kaybı, israfı ve soğuk zincir lojistiği ile ilgili literatürü incelemiştir. Olası nedenler belirlenmiş ve dört kategoriye ayrılmıştır: kötü yönetim, verimsiz operasyonlar, aşırı maliyetler ve kısıtlamalar. Bulgulara göre, gıda kaybı ve israfının başlıca nedenleri teknik verimsizlik, tesis maliyetleri ve düzenleme ile standart eksikliğidir.

Yu ve Xiao (2021), yeni bir tarımsal ürün tedarik zincirinde dış kaynak kullanımının karar verme ve kârlılık üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, bir tedarikçi, bir perakendeci ve bir üçüncü taraf lojistik sağlayıcıdan oluşan tedarik zincirini oyun teorisi modelleri kullanarak analiz etmişlerdir. Araştırma özellikle, perakendecinin lider olarak

hareket ettiği bir senaryoyu ele almakta ve dış kaynak kullanımının diğer yaklaşımlara göre daha iyi performans sergilediği durumları tespit etmektedir. İki farklı durumun karşılaştırılması ile yapılan çalışma, tedarik zinciri yeleri için en avantajlı dış kaynak kullanım modunun belirlenmesinde, tedarikçi ile perakendeci arasındaki karar sürecinin kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Negi ve Trivedi (2021), tedarik zincirinin taşıma aşamasında taze ürünün kalitesini etkileyen faktörleri araştırmak için bir çalışma yürütmüştür. Ayrıca kaliteyi artırmak ve kayıpları azaltmak için bir etki azaltma erevesi geliştirdiler. Faktör analizi yoluyla araştırmacılar, ürün kalitesini etkileyen dört temel faktör belirlediler: operasyonel sorunlar, yetersiz koruma yöntemleri, taşıma sırasındaki kolaylık eksikliği ve standartların altındaki altyapı. Bu faktörler arasında, taze ürünün kalitesini etkileyen birincil etmenlerin operasyonel sorunlar olduğu belirlendi. Çalışma ayrıca ilgili paydaşlarla yapılan görüşmelerden elde edilen bilgilere dayanarak bir azaltım erevesi önermektedir.

Lim vd. (2021), Mayfly algoritması ve aşırı öğrenme makinesinin bir kombinasyonunu kullanarak soğuk zincir lojistiğinde sıcaklığı tahmin etmek için yeni bir hibrit model sundular. Amaç, taze gıdaların taşınması sırasında sürekli olarak düşük sıcaklıkta bir ortam sağlamak, böylece gıda israfını azaltmak ve ürün güvenliğini sağlamaktı. Çalışmada, belirli bir vaka çalışmasına dayanarak sıcaklık tahminine ve klimaların durumunu tahmin etmeye odaklanan iki deney gerçekleştirdi. Önerilen hibrit model, soğuk zincir lojistiğinde sıcaklık tahmininin doğruluğunu artırmayı, böylece soğuk zincirin etkin yönetimine ve bozulabilir ürünlerin kalitesinin korunmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Rossi ve diğerleri (2021) bozulabilir gıdaların intermodal taşımacılığının uygulanmasındaki engelleri ortadan kaldıran bozulabilir gıda için yeni bir taşıma modeli sunmuşlardır. Model, demiryolu ve karayolu taşımacılığının sorunsuz bir şekilde entegre edilmesini sağlar ve geleneksel olarak intermodal lojistikle ilişkilendirilen operasyonel verimsizlikleri, transit gecikmelerini ve kalite sorunlarını ortadan kaldırır. Bologna-Catania güzergahı üzerine yapılan bir vaka çalışması, karbondioksit emisyonlarının önemli ölçüde azaltılabileceğini ve sistemin özellikle ürün çeşitliliğine olan talebin yüksek olduğu pazarlarda ekonomik olarak

uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Çalışmada, tüketicilerin ürün çeşitliliğine ne ölçüde değer verdiğinin, bozulabilir ürünlerin intermodal taşımacılığının ekonomik olarak ne kadar sürdürülebilir olduğunu etkilediğini bulmuştur.

Centobelli vd. (2021), Çalışmalarında sistematik literatür incelemesi yaparak çalışmaların atıf ve ortak alıntılara dayalı olarak en etkili eserleri ve yazarları sistematik olarak belirlemek için bibliyometrik analiz ve ağ analizi uygulamışlardır. En çok alıntı yapılan makalelerin içerik analiziyle birleştirilmiş ortak alıntıların analizi, dört temel araştırma yönünü ortaya çıkarmışlardır. RFID Teknolojilerinin Uygulanması, Üretim ve Çiftlik Planlama Modelleri, Hasat Sonrası Atık, Hasat Sonrası Atıkların Nedenleri ve Bozulabilir Sipariş Stratejileri ve Modelleri ve Kritik Gıda Soğuk Zincirindeki Sorunlar.

Awad vd. (2020) tarafından yapılan çalışma, sıcaklığa duyarlı gıda ürünleri için araç rotalamasının karmaşıklıklarını vurgulayarak soğuk tedarik zinciri lojistiğinin kapsamlı bir incelemesini sunmaktadırlar. Çalışmada, ürün tazeliğini korumak için çok önemli olduğunu ancak yüksek çevresel etkilere sahip enerji yoğun olduğunu vurgulamaktadır. Çalışmaların sistematik incelemesi, mevcut araştırmalardaki temel boşlukları, özellikle ürün kalitesini, çevresel etkileri ve çok bölmeli, çok sıcaklıklı kamyon tasarımlarını hesaba katan dinamik araç rotalama modellerine olan ihtiyacı belirlemektedir. İnceleme, çalışmaları maliyet odaklı (ulaşım, kalite ve çevresel etki) olarak sınıflandırır ve üçünü de entegre eden daha bütünsel modeller talep etmektedir. Ayrıca, büyük ölçekli uygulamalar için kesin yöntemlerin sınırlamaları göz önüne alındığında, karmaşık rotalama problemlerini çözmek için sezgisel ve metasezgisel yöntemler geliştirmenin önemini vurgulamışlardır. Soğuk tedarik zinciri lojistiğinde gıda israfını, enerji kullanımını ve maliyetleri önemli ölçüde azaltabilecek modelleme gerçekçiliğini ve karar verme doğruluğunu artırmak için gelecekteki araştırmalar önerilmektedir.

Liu ve Wang (2020) tarafından yapılan çalışmada, operasyonel risklerle karşı karşıya kalan taze gıda işletmelerinde soğuk zincir lojistik dış kaynak kullanımını analiz etmek için evrimsel bir oyun modelinin kurulmasını ele alınmıştır. Taze gıda işletmeleri ile üçüncü taraf lojistik sağlayıcıları arasındaki etkileşimi, ilk iş birliği, fazla gelirin dağıtımı, operasyonel

risk maliyetleri ve sözleşme ihlalleri için cezalar gibi faktörleri göz önünde bulundurarak araştırdı. Bulgular, iş birliğinin ilk koşullar, maliyet-fayda dinamikleri ve taraflar arasındaki güven tarafından etkilendiğini vurgulamaktadır. Simülasyon sonuçları, gelir dağılımını optimize etmenin ve operasyonel riskleri en aza indirmenin başarılı iş birliğini artırabileceğini göstermektedir. Gelecekteki araştırmalar, birden fazla lojistik sağlayıcıyı içeren daha karmaşık senaryoları içerebilir.

Peng vd. (2020) çalışmalarında, soğuk zincir lojistik endüstrisinin dönüşümünü ve gelişimini teşvik etmek için soğuk zincir lojistiğinin ekolojik döngüsünde ortak değer yaratma için bir çerçeve oluşturmuşlardır. Sonuçlar, lojistik platformunun ekolojik döngüsündeki kaynak paylaşımının, kurumsal performansı iyileştirmek amacıyla sorunları planlama, uygulama ve çözme konusundaki iş birliğini etkileyen dinamik yeteneklerini olumlu yönde etkileyen işletmeler arasındaki etkileşimi teşvik edebileceğini göstermiştir.

Roy vd. (2020) Sürdürülebilirlik kriterleri altında üçüncü taraf lojistik sağlayıcılarını değerlendirmeyi ve seçmeyi amaçlayan kapsamlı bir karar alma çerçevesi sundular. Önerilen model, lojistik sağlayıcılarının değerlendirilmesiyle ilişkili nitel verilerdeki içsel belirsizliği ve öznelliği hesaba katmak için Aralık değerli bulanık sayıları entegre etmişlerdir. Çok kriterli karar verme yaklaşımını uygulayarak, çerçeve hem Faktör İlişkisi hem de Çok Nitelikli Sınır Yaklaşım Alanı Karşılaştırması yöntemlerini kullanarak potansiyel lojistik ortaklarını sistematik olarak değerlendirmiştir. Çerçeve, ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları ele alır ve nitel verilerin zorluklarını ve kriterlerin karşılıklı bağımlılıklarını ele almıştır. Hindistan'da gıda üretiminde bir vaka çalışması, yaklaşımın istikrarlı ve tutarlı çözümlere yol açan uygulanabilirliğini göstermişlerdir. Bu model, sürdürülebilir üçüncü taraf lojistik sağlayıcılarını seçmek, tedarik zinciri verimliliğini artırmak ve sürdürülebilirliğin üçlü temel çizgisiyle uyumlu hale getirmek için sağlam bir araç sunmuştur.

Kumar vd. (2020) çalışmalarında karar teorisine dayalı bir çerçeve kullanmışlardır. . Bozulabilir gıda tedarik zincirlerinin karşılaştığı sürdürülebilirlik zorlukları arasındaki tercihleri belirlemek için kuralcı bir karar analizi metodolojisi kullanmışlardır. Hindistan gibi gelişmekte olan bir ekonomide çabuk bozulan gıda tedarik zincirlerine özgü temel zorlukları

belirlemek ve modellemek için Yorumlayıcı Yapısal Modelleme ile Analitik Ağ Sürecini birleştiren bütünleşik bir çerçeve geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım, bozulabilir gıda tedarik zincirlerindeki sürdürülebilirlik zorluklarını kapsamlı bir şekilde analiz etmelerine ve ele almalarına olanak sağlamıştır.

Yan vd. (2020) uzun mesafelerde nakliye sırasında kalite ve miktardaki bozulmadan kaynaklanan değer kaybına odaklanarak taze tarım ürünleri için tedarik zincirinin koordinasyonunu araştırmışlardır. Normal sıcaklık ve soğuk zincir lojistiğini karşılaştırarak, soğuk zincir lojistiğinin değer kaybını etkili bir şekilde en aza indirdiğini ve tedarikçilerin ve perakendecilerin karlılığını artırdığını göstermişlerdir. Çalışmada, maliyet paylaşımını ve artırılmış gelir paylaşım sözleşmelerini soğuk zincir lojistiğini benimsemek için bir teşvik olarak değerlendiriyor ve maliyet paylaşım sözleşmelerinin etkisiz olduğu, artırılmış gelir paylaşım sözleşmelerinin ise belirli gelir paylaşım oranları ve transfer ücretleri altında optimum kar koordinasyonuna ulaştığı sonucuna varılmıştır. Değer kaybını azaltmada, tedarik zinciri verimliliğini optimize etmede ve ürün tazeliğini sağlamada ulaşım modu seçiminin ve sözleşme mekanizmalarının kritik rolünü vurgulamaktadır.

Dai vd. (2020) çalışmalarında, gelişmekte olan pazarlardaki soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının hizmet yeniliği yoluyla nasıl rekabet avantajı elde ettiğini araştırdılar. Ayrıca devlet mülkiyetinin ve düzenleyici baskının yenilik uygulamaları üzerindeki etkisini de incelemişlerdir. Çalışmalarında, Çin'deki önde gelen dört soğuk zincir sağlayıcısına odaklanan çoklu vaka çalışması araştırma tasarımı kullanılmıştır. Belirli hizmet inovasyon uygulamaları, önceki araştırmalardan elde edilen bir hizmet inovasyon çerçevesi kullanılarak ve kategorize etmişlerdir. Hizmet inovasyonunun, soğuk zincir sağlayıcılarının rekabet avantajını artırmada önemli bir rol oynadığını ortaya çıkardı; bu, bu sektördeki firmaların diğerlerine kıyasla daha az yenilikçi olduğu yönündeki önceki algılarla çalışmaktadır.

Chan vd. (2020) operasyonel verimliliği ve sürdürülebilirliği iyileştirmek için üretim, envanter ve rotalamayı kapsayan bozulabilir gıda lojistiği için kapsamlı birçok amaçlı optimizasyon modeli sağlamışlardır. Önerilen çerçeve dört hedefi içermektedir: Toplam maliyetleri en aza indirmek (üretim, envanter ve rotalama dahil), ortalama gıda kalitesini en

üst düzeye çıkarmak, CO₂ emisyonlarını azaltmak ve teslimat sürelerini en aza indirmek. Değiştirilmiş bir parçacık sürüsü optimizasyon algoritması tarafından optimize edilen çok amaçlı karma tamsayı doğrusal programlama çerçevesi kullanılarak, model maliyeti optimize eder ve kaliteyi en üst düzeye çıkarmaktadır. Üretim, envanter ve rotalamayı tek bir optimizasyon çerçevesinde birleştirerek literatürdeki kritik bir boşluğu giderdiler ve gıda lojistiğinde ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğe adil bir yaklaşım sağlamışlardır.

Li ve Liu (2020) araştırmasında, taze tarım ürünleri için yeşil tedarik zincirinin performansını etkileyen faktörleri bulut lojistik çerçevesi içinde araştırmaktadırlar. Araştırmada, her faktörün etkisini değerlendirmek için analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanılarak birincil ve ikincil değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Sonuçlar, çevresel faydaların en etkili faktör olduğunu, onu bilgi paylaşımı, operasyonel esneklik ve sosyal faydaların takip ettiğini göstermektedir. Çalışma, hızlı bilgi alışverişinin, etkin ürün dolaşımının ve kalite bakımının kritik önemini vurgulamakta ve aynı zamanda çevresel faydaların optimize edilmesinin gerekliliğini belirtmektedir. Bu çalışma, bulut tabanlı bir lojistik sisteminde taze tarım ürünleri için yeşil tedarik zincirinin geliştirilmesi ve sürdürülmesi için önemli içgörüler sunmaktadır.

Defraeye vd. (2019) mekanik modellemeye dayalı bir dijital meyve ikizi geliştirmişlerdir. Soğuk zincirin çevresel etkisini en aza indirmek ve lojistiği optimize etmek için bireysel sevkiyatlarda meyve kalitesinin evrimi hakkında daha iyi bilgi sahibi olmak çok değerli olduğunu vurgulamışlardır. Bu dijital ikiz, ölçülen çevresel sıcaklık koşullarına, yani meyvenin çevresindeki hava sıcaklığına dayalı olarak, soğuk zincir boyunca mango meyvesinin termal davranışını simüle etmektedir. Bu dijital ikiz, ölçülen çevresel sıcaklık koşullarına, yani meyvenin çevresindeki hava sıcaklığına dayalı olarak, soğuk zincir boyunca mango meyvesinin termal davranışını simüle eder. Kalite kaybına eğilimli kritik bağlantıları izlemek için dijital meyve ikizi modelini uygulamışlar ve taşınan ürünlerin kalite kaybındaki değişimi tüm tedarik zinciri perspektifinden incelemişlerdir.

Yu (2019), bulut bilişim ortamında soğuk zincir lojistiği için dağıtım verimliliğini artırmayı ve maliyetleri düşürmeyi amaçlayan optimize edilmiş bir çevrimiçi gemi rota planlama

algoritması önermektedir. Yöntem, verimli nakliye rotaları ve dağıtım ağları tasarlamak için yük dengelemeyle birleştirilmiş en kısa yol optimizasyon modelini kullanır. Parçacık sürüsü optimizasyonu ve uyarlanabilir kontrol stratejileri gibi teknikleri entegre ederek, yaklaşım hesaplama yükü ve gerçek zamanlı kısıtlamalar gibi zorlukların üstesinden gelir. Simülasyon sonuçları, gelişmiş rota verimliliği, daha iyi ağ dengesi ve artan lojistik verimini ortaya koyarak algoritmanın e-ticaret ve modern lojistik sistemlerinde uygulanabilirliğini vurgulamaktadır.

Magalhães vd. (2019), tedarik zincirinin her aşamasında gıda kaybına ve israfına katkıda bulunan temel faktörlerin bir incelemesini gerçekleştirdiler. Gıda tedarik zincirinin her aşaması için gıda kaybı ve israfının ilk on nedenini belirlediler. Yönetim sorunlarının, teknik verimsizliklerin ve ürünün doğal özelliklerinin, tüketim aşaması hariç, tedarik zincirinin tüm aşamalarında gıda kaybı ve israfından sorumlu olan temel faktörler olduğu sonucuna varmışlardır.

Peng vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada, soğuk zincir lojistik endüstrisinde platform ekolojik çemberi içerisinde değerin birlikte yaratılmasına yönelik bir çerçeve sunmuşlardır. Yazarlar bu çerçeve üzerinden soğuk zincir lojistik işletmelerinin dönüşümüne ve gelişimine rehberlik etmeyi amaçlamaktadır. Soğuk zincir lojistiğinde platform ekolojik çemberini incelemek için kavramsal bir çerçeve oluşturmuş ve çember içinde değerin birlikte yaratılmasını etkileyen faktörleri incelemek için yapısal bir eşitlik modeli kullanmışlardır. Ek olarak, çeşitli etkileyici faktörleri, birlikte değer yaratma ve kurumsal performans arasındaki birbirine bağlı ilişkileri araştırmışlardır. Bulgular, lojistik platformu ekolojik çemberi içindeki kaynak paylaşımının işletmeler arasındaki etkileşimi teşvik ettiğini ve dinamik yetenekleri üzerinde olumlu bir etkiye yol açtığını göstermektedir. Sonuç olarak, bu etkileşim işletmelerin planlama, uygulama ve problem çözme konusunda iş birliği yapmasına ve sonuçta genel performanslarının artmasına olanak tanır.

Qiu ve Zhao (2019) gıda soğuk zincir lojistik yayılma modellerini sınıflandırmak için kavramsal bir model geliştirdiler ve ortaya çıkan kıyı metropol alanlarındaki mekânsal ve işlevsel dinamikleri keşfetmek için bir vaka çalışması olarak Pekin-Tianjin-Hebei metropol

bölgesini kullanmışlardır. Standart sapma elips ve çekirdek analiz yöntemlerini kullanan araştırma, gıda soğuk zincir lojistiğinin mekânsal dağılımını incelemektedir ve iki birincil yayılma modeli belirlemektedir: fiziksel ve işlevsel. Fiziksel yayılma, arazi maliyeti, erişilebilirlik ve bölgesel politikalar gibi faktörler nedeniyle lojistik tesislerinin kentsel merkezlerden çevre bölgelere kademeli olarak taşınmasını yansıtan sınırlı, sıçramalı ve yoğunluğa dayalı modelleri kapsar. İşlevsel yayılma, gıda soğuk zincir lojistik tesislerinin son kullanıcı talebine yakınlığı vurgulayarak yerleşim alanları ile aynı yerde konumlandırıldığı ters bir modeli ortaya koymaktadır. Çalışma, bu yayılma modellerinin kentsel gelişim stratejileri, operasyonel verimlilikler ve mekânsal planlama önceliklerinden önemli ölçüde etkilendiği sonucuna varmıştır.

Chen vd. (2019), bozulabilir gıda tedarik zincirleri için en etkili fiyatlandırma stratejisini araştırmışlardır. Bir tedarikçi ve bir perakendeciden oluşan iki katmanlı bir tedarik zincirine odaklanıyorlar ve tek fiyatlandırma ve iki aşamalı fiyatlandırma stratejileri için denge noktalarını belirlemek amacıyla oyun teorisini kullanılmaktadır. Çalışmanın sonuçları, fiyat indirimi maliyetinin ve bunun iki önemli eşikle olan ilişkisinin etkili bir fiyatlandırma stratejisi seçimini etkilediğini göstermektedir. Potansiyel pazar büyüklüğü, fiyat ve kalite hassasiyeti, başlangıç kalitesi, birim ürün maliyeti ve kalite bozulma oranı gibi çeşitli faktörler bu eşikleri etkiler.

Pal ve Kant (2019) çalışmada, taze gıda, ilaçlar ve kan gibi bozulabilir ürün tedarik zincirlerinin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için siber internet modelinden esinlenerek tasarlanan Bozulabilir Lojistik İnterneti (IoPL: Internet of Perishable Logistics) kavramını tanıtmaktadır. Sistematik analiz ve optimizasyonu kolaylaştıran katmanlı bir mimari sunarak taşımadaki verimsizlikler, bozulabilirlik ve gıda israfı gibi kritik sorunlara çözüm önerileri sunmaktadır. Bozulabilir Lojistik İnterneti, otomasyon, akıllı sensörler ve standardizasyon ile siber-fiziksel sistemleri entegre ederek taşımacılık verimliliğini artırmayı, ürün kalitesini korumayı ve çevresel etkileri en aza indirmeyi hedefler. Çalışmada, kaynak yönetimi, bozulmayı önleme ve sanallaştırma gibi alanlardaki zorluklar ele alınırken, lojistik ağların çevikliği ve dayanıklılığını artırmaya yönelik çözümler önerilmektedir.

Bhatnagar vd. (2019) Sıcaklık, bağıl nem, koku ve etilen üretimi gereksinimlerine göre birlikte depolanıp taşınabilecek farklı meyve ve sebzelerin uyumluluk gruplarını belirlediler. Belirlenen 43 meyve ve sebzedeki kümeler veya gruplamalar oluşturmayı amaçlayan bir teknik kullandılar. Kümeler dört temel faktör dikkate alınarak belirlenir: sıcaklık, bağıl nem, koku ve etilen üretimi. Bu araştırmanın amacı, önerilen kümeleme yönteminin farklı türdeki meyve ve sebzelerin depolanması ve taşınması açısından uygulanabilirliğini ve etkinliğini araştırmaktır. Bu tekniğin başarılı bir şekilde uygulanması, pahalı altyapı bileşenlerine olan ihtiyacı azaltarak ve enerji tüketimini en aza indirerek önemli miktarda maliyet tasarrufu sağlama potansiyeline sahiptir.

Onggo vd. (2019), birden fazla perakende merkezine hizmet veren merkezi bir depo işleten tek bir taze gıda tedarikçisini içeren bir tarımsal gıda tedarik zinciri senaryosuna odaklanmıştır. Araştırmacılar, karışık tamsayılı bir programın kullanılmasını önerdiler ve sorunu çözmek için Monte Carlo simülasyonunu yinelenen yerel arama yaklaşımıyla birleştiren simheuristik bir algoritma tanıttılar. Önerilen simheuristik algoritmanın, envanter maliyetleri, yönlendirme maliyetleri ve gıda israfıyla ilgili harcamalar dahil olmak üzere beklenen genel maliyetleri en aza indiren optimal bir çözümü etkili bir şekilde ürettiğini keşfetmişlerdir.

Bottani vd. (2019), soğuk gıda tedarik zincirlerinin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğini değerlendirmeyi amaçlayan analitik bir model tanıttılar. Çalışma, ürün toplama, arka odada depolama, ürün teslimatı ve tersine lojistik gibi temel süreçleri dikkate alarak soğuk tedarik zincirinde çevresel sürdürülebilirliğin oluşturulmasına odaklanmıştır. Analitik model, soğuk gıda tedarik zincirinde sürdürülebilirliği teşvik etmek amacıyla bu tedarik zinciri süreçlerinin ekonomik ve çevresel etkilerini değerlendirmek için bir çerçeve sağlamaktadır.

Segura vd. (2019) tarafından sunulan araştırma, gıda dağıtım firmalarındaki ürünlerin ve tedarikçilerin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için kapsamlı bir yöntem sunmaktadır. Çalışmada, Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) ve Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) gibi çok kriterli tekniklerin bütünleştirildiği bir karar destek sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem, ekonomik, çevresel ve

sosyal faktörlere dayalı olarak ürün kalitesini ve tedarikçi performansını değerlendirme imkanı sağlamaktadır. Süpermarket zincirinden elde edilen geçmiş verilerle doğrulanan sistem, tedarikçi değerlendirmelerinde sürdürülebilirlik ve gıda güvenliğinin dikkate alınmasının önemini vurgulamakta ve gıda dağıtım sektöründe sürdürülebilir karar alma için değerli bir araç sunmaktadır.

Susanty vd. (2019) çalışmalarında, çiftçiler, süt kooperatifleri ve endüstriyel süt işlemcileri arasındaki ilişkilerin performansını ölçtüler ve değerlendirmişlerdir. Çalışmada süt tedarik zincirinin performansını değerlendirmek için dengeli bir tedarik zinciri yönetimi puan kartı, en çok ihtiyaç duyulan göstergeleri belirlemek için önem-performans analizi ve stratejik planları formüle etmek için bir SWOT analizi kullanılmıştır.

Wang vd. (2018) Karbon sınır ve ticaret düzenlemeleri altında faaliyet gösteren taze gıda tedarik zincirleri içindeki karbon ticareti mekanizmalarını modellemek için bir teorik çerçeve geliştirip soğutulmuş lojistik hizmetlerini entegre etmişlerdir. Karbon ticareti olmayan, iç karbon ticareti ve hem iç hem de dış karbon ticareti olan senaryolarda tedarikçiler ve perakendeciler arasındaki dinamikleri araştırmışlardır. Çalışmada, kaynak kullanımını ve tedarik zinciri rekabet gücünü artırmada karbon ticareti ve soğutulmuş lojistiğin ikili rolünü vurguladı. Optimal karbon ticareti stratejileri konusunda tedarikçiler ve perakendeciler arasındaki çatışmaları gidermek için transfer ödemeleri gibi iş birliği mekanizmalarını belirlemişlerdir.

Göransson vd. (2018) soğuk gıda tedarik ağlarının dinamik olarak tahmin edilen raf ömrü ve basılı raf ömrü açısından nasıl performans gösterdiğini incelemişlerdir. Eksiksiz gıda tedarik zinciri senaryoları, İsveç gıda tedarik zincirlerinde (üretimden perakende soğuk hava eposuna ve perakende teşhirlere kadar) yapılan alan testlerinden toplanan gıda ürünlerinin gerçek sıcaklık koşullarının derinlemesine araştırılmasına dayalı olarak oluşturulmuştur. Bulgular, ürün raf ömrünün, en verimli ve en az verimli gıda tedarik zincirleri arasında ve ayrıca dinamik olarak tahmin edilen ve basılı raf ömrü arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Verdouw vd. (2018) tarımsal gıda tedarik zincirlerinde bozulabilirlik, öngörülemeyen tedarik dalgalanmaları ve sıkı gıda güvenliği gereksinimleri gibi zorlukları ele almak için Nesnelerin İnterneti tabanlı lojistik bilgi sistemleri için bir referans mimarisi önermişlerdir. Mimari, Nesnelerin İnterneti ve bulut bilişimini bütünleştirir ve ürünlerin üretimden tüketime kadar gerçek zamanlı izlenmesini, kontrolünü ve izlenebilirliğini sağlar. Avrupa Geleceğin İnterneti programından yeniden kullanılabilir teknolojilerden yararlanarak, birlikte çalışabilirliği ve dinamik lojistik planlamasını kolaylaştıran uygun fiyatlı, alan-özel çözümler sunar. Hibrit mimari, bağlantı kesintileri durumunda iş sürekliliğini sağlamak için merkezi bulut hizmetlerini yerleştirilmiş sistemlerle birleştirmektedir. Bu yaklaşım, tarımsal gıda lojistiğinde görünürlüğü, esnekliği ve verimliliği artırır ve tedarik zinciri yönetimindeki kritik engelleri ortadan kaldırmaktadır.

Vrat vd. (2018), bozulabilir gıdalar için sürdürülebilir soğuk zincir yönetimi ile ilgili literatürü analiz etmişlerdir. Çalışmaları, bozulabilir ürünler için sürdürülebilir soğuk zincir alanının hızla büyüdüğünü göstermiştir; Çalışmalarının sonucu da, İtalya'nın ardından Amerika Birleşik Devletleri'nin bu araştırma alanında en büyük katkıyı yapan ülke olduğunu göstermektedir.

Badia-Melis (2018), soğuk zincir izleme verimliliğini artırmak için ayrı ayrı değer katan modern teknolojilerin birçoğunu özetlemiştir, ancak aynı zamanda birçok teknolojinin soğuk zincire değer katmak için birlikte çalışma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamıştır. Örneğin, sıcaklık izleme ile ilgili teknolojiler, radyo frekansı teknolojileri ve WSN veya termal görüntüleme vb. dahil olmak üzere kablosuz sensör teknolojilerini içermektedir.

Gligor vd. (2018), gelişmekte olan ülkelerde soğuk zincir uygulamasının önündeki engelleri belirlemişlerdir. Vietnam'daki üst düzey yöneticilerle sekiz yarı yapılandırılmış, derinlemesine görüşme gerçekleştirdiler. Analiz sonuçları toplam on ana engeli ortaya çıkarmıştır yetersiz uzmanlık, kalite ve güvenlik kontrol önlemlerinin eksikliği, yüksek aracı yoğunluğu, zayıf altyapı, bilgi sistemleri eksikliği, yüksek kurulum ve işletme maliyetleri, kurumda yetersiz eğitim ve öğretim, çiftçi seviyesi, standardizasyon eksikliği, yerel işletmeler için devlet desteği eksikliği ve sosyal normlar olarak gösterilmiştir.

Ali (2018), temel lojistik risklerini ve esneklik kaynaklarını belirleyerek tedarik zinciri esnekliğinin (SCR) firma performansı üzerindeki olumsuz etkileri azaltabileceğini göstermiştir. Karma yöntem yaklaşımı kullanan çalışma, ulaşımdaki gecikmelerin, yetersiz altyapının ve kalite sorunlarının büyük riskler olduğunu, dayanıklılığın ise sertifikalar, kalite yönetimi, çoklu kaynak kullanımı, küresel operasyonlar, vasıflı iş gücü ve kamu-özel iş birlikleri yolu ile oluşturulduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma, kalite yönetimine yatırımın ve tedarik zinciri ortakları arasındaki iş birliğinin önemini vurgulamaktadır. Bozulabilir Ürün Tedarik Zincirlerinde lojistik riskleri yönetmek ve operasyonel sürekliliği sürdürmek için onaylanmış bir anket aracı sunarak ve dayanıklılık modelini ampirik olarak test ederek literatüre katkıda bulunmaktadır.

Siddh vd. (2018), bozulabilir gıda tedarik zincirindeki kalite uygulamaları ile sürdürülebilir organizasyonel performans arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kavramsal ve yapısal bir model önermiştir. Bu uygulamaların dört temel boyutunu yukarı yönlü kalite, aşağı yönlü kalite, iç kalite ve destek uygulamaları olarak tanımlamıştır. Bu boyutlar, bozulabilir gıda tedarik zincirindeki kalite yönetiminin çeşitli yönlerini kapsamaktadır. Çalışma, daha iyi performans sonuçları elde etmek için kalite yönetimi ilkelerinin tedarik zinciri yönetimi süreçleri ile bütünleştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Cerchione vd. (2018), literatürdeki son durumu incelemek, araştırma boşluklarını belirlemek ve uygun araştırma sorularını tanımlamak için gıda soğuk zincir yönetimine odaklanan yapılandırılmış bir literatür incelemesi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada,ıl soğuk tedarik zinciri aktörleri arasında bütünleşme, koordinasyon ve iş birliğinin önemi için kavramsal bir çerçeve sağlanmaya çalışılmışdır.

Tsang vd. (2017), yapmış olduğu çalışmalarında, sıcaklık, nem ve aydınlatma seviyesi gibi soğuk zincir ortamında belirtilen depolama koşulları aralığını kontrol etmek için belirli soğutma sistemlerinin kullanılmasını gerektiren çevreye duyarlı ürünleri işlemek için IoT tabanlı bir kargo izleme sistemi önermişlerdir. Gerçek zamanlı ürün verilerini toplamak için kablosuz bir sensör ağının yanı sıra çeşitli çevreye duyarlı ürünler için en etkili depolama

koşullarını belirlemek için bulanık mantık ve vaka tabanlı akıl yürütme yaklaşımları kullanmışlardır.

Xiao vd. (2017), soğuk zincir lojistiğinde sofralık üzümün kritik kalite parametrelerini belirleyerek ve sofralık üzümün kalite ve güvenliğini sağlayarak sofralık üzüm kalitesinin izlenebilirliğini ve şeffaflığını ve sofralık soğuk zincir lojistiğinin sürdürülebilirlik performansını araştırmıştır. Bu araştırmanın amacı, kablosuz sensör ağı (WSN) ile gerçek zamanlı sıcaklık izleme ve farklı kalite parametreleri arasındaki korelasyon analizi ile soğuk zincir lojistiğinde temel kalite parametrelerini belirlemektir.

Hsiao vd. (2017), bu araştırmanın amacı, özellikle meyve ve sebzelerin kalitesinin korunmasına odaklanarak, soğuk zincirlerdeki son kilometre dağıtım sorununa yönelik bir çözüm geliştirmektir. Meyve-sebze soğuk zincirlerinin benzersiz özellikleri dikkate alınarak, araç rotalama probleminin zaman pencereleriyle genişletilmesi formüle edilmiştir. Çalışma, taze meyve ve sebzelerin son kilometre teslimatına yönelik, daha önce araştırılmamış çeşitli pratik senaryoları kapsayan yeni bir problem formülasyonu sunmaktadır. Bu problemin üstesinden gelmek için Genetik Algoritmayı (GA) temel alan bir çözüm algoritması geliştirilmiştir. Önerilen modelin, diğer çabuk bozulan ürünlerin son aşamadaki teslimat zorluklarına da çözüm bulmak üzere kolaylıkla uyarlanabilmesi önemli bir husustur.

Neto vd. (2017) tarafından yürütülen bu çalışma, soğutulmuş malların taşınmasında Lojistik Hizmet Sağlayıcılarının (LSP) seçimi için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) temel alınarak bir karar modeli önermektedirler. Araştırmada, LSP seçimi için kalite, yanıt verebilirlik ve güvenilirlik gibi temel kriterlerin önemini vurgulamaktadır. AHP modelinin kullanılmasıyla, bozulabilir soğutulmuş malların lojistikte karar verme sürecini nasıl etkili bir şekilde destekleyebileceği gösterilmektedir. Çalışma, soğutulmuş ürünlere odaklanmakta olup, LSP seçiminde kalite, yanıt verme yeteneği ve güvenilirliğin en kritik kriterler olduğunu belirtmektedir.

Macheke vd. (2017) tarafından yapılan araştırma, taze ürün zincirlerindeki lojistik ve kalite kontrol faaliyetlerini incelemiş ve hasat sonrası kayıplar üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Zimbabwe'deki domates çiftçileri üzerinde gerçekleştirilen bir örnek olay

incelemesi sonucunda, ticari çiftçilerin geçimlik çiftçilere kıyasla daha düşük hasat sonrası kayıplar yaşadığı ve daha az savunmasız oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, ticari çiftçilerin lojistik ve kalite kontrol faaliyetlerini daha yüksek bir düzeyde uyguladığı görülmüştür. Bu bulgular, hasat sonrası kayıpları azaltma ve taze ürün zincirlerinde performansı artırma konusunda değerli bilgiler sunmaktadır.

Soto-Silva vd. (2017) Şili'deki elma işleme firmaları için taze ürün satın alma, taşıma ve depolama lojistik verimliliğini artırmak için bütünleşik optimizasyon modelleri geliştirmişlerdir. Karma tamsayı doğrusal programlamayı kullanarak, yetiştirici seçimi, taşıma ve soğuk depolama yönetimiyle ilgili maliyet minimizasyon zorluklarını ele almışlardır. Depolama teknolojilerinin tahsisi ve tedarikçi seçimi gibi kararları, meyve kalitesi ve depolama süresi gereksinimleriyle uyumlu hale getirerek geleneksel yöntemlere kıyasla yaklaşık %8 oranında önemli tasarruflar göstermektedir. Gerçek hayattan bir vaka çalışmasında uygulama, maliyet düşürme, daha iyi kaynak kullanımı ve sürdürülebilir tarımsal tedarik zincirleri için iyileştirilmiş karar alma stratejileri dahil olmak üzere pratik faydalar göstermektedir.

Castro ve Jaimes (2017), Kolombiya'daki bozulabilir meyve tedarik zincirlerinin lojistik performansı ve gıda güvenliği üzerindeki etkilerini incelemek için yalın, çevik, esnek ve duyarlı tedarik zinciri yapılarını bir sistem dinamiği modeli kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışma, çeşitli ödünleşmeleri ortaya koyup, yalın ve duyarlı yapılar maliyet verimliliği ve envanter azaltmada üstünken, çevik ve esnek yapılar teslimat hızını artırmakta ve kayıpları en aza indirmektedir. Duyarlı yapı toplam kayıpları en düşük seviyede tutarken, esnek yapı taşıma kayıplarını minimize etmiştir. Bu bulgular, tedarik zinciri kademelerinde verimlilik, duyarlılık ve gıda güvenliği arasında denge sağlamak için özelleştirilmiş stratejilere duyulan ihtiyacı altını çizmektedir.

Defraeye vd. (2016), soğutulmuş kaplarda narenciye yüklemesi için soğuk zincir protokolünün potansiyelini araştırdılar. Oda sıcaklığında yüklemenin fizibilitesini değerlendirmek için soğuk zincir protokollerinin daha bütünsel deneysel değerlendirmesine doğru bir adım atılmıştır. Bu şekilde, standart uygulamanın performansı, ürün soğutmasını

iyileştirmeyi amaçlayan iki yeni hava akışı stratejisi ile karşılaştırılmıştır: paletler arasındaki hava akışını azaltan kanallı bir konfigürasyon ve havayı yatay bir yol üzerinden paletler boyunca iten yatay bir konfigürasyon olmak üzere. Soğutma stratejisinin bu daha bütünsel değerlendirmesi, çeşitli ödünleşimleri ortaya çıkardı ve soğuk zincir süreçlerindeki teknolojik gelişmelerin çok parametreliliği bir değerlendirmesine izin vermektedir.

Chai (2016) taze gıda dağıtımını için soğuk zincir lojistiğinin optimizasyonunu, genetik algoritmalar kullanarak rota planlamasının verimliliğine odaklanarak incelemiştir. Müşteri lokasyonlarını, araç yük kapasitelerini ve hizmet kısıtlamalarını analiz ederek, çalışma standart bir genetik algoritmayı geliştirilmiş bir versiyonla geliştirir ve karşılaştırır. Geliştirilmiş algoritmanın hesaplama hızı, verimlilik ve zaman penceresi kısıtlamalarına uyum açısından standart modelden daha iyi performans gösterdiğini ve nakliye, enerji ve bozulma ile ilişkili maliyetleri önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Çalışmalarında, karmaşık soğuk zincir lojistik sistemlerini yönetmede gelişmiş algoritmik çözümlerin etkinliğini vurgulamaktadır.

Wajszczuk (2016) çalışmasında, tarımsal gıda tedarik zincirlerinde lojistiğin rolü incelenmiş ve ürünlerin bozulabilirliği, çevresel kaygılar ve sosyal sorumluluklar nedeni ile lojistiğin kendine özgü zorlukları vurgulanmıştır. Tarımsal gıda tedarik zincirleri, küresel tedarik zinciri talepleri ve sürdürülebilir uygulamalara duyulan ihtiyaçla daha da artan mevsimsellik, çeşitli yük gereksinimleri ve yüksek lojistik maliyetleri ile karakterize etmişlerdir. Yeşil lojistik ve lojistik sosyal sorumluluk çerçevesinin entegrasyonu, çevre dostu ve sosyal açıdan sorumlu operasyonlara doğru bir kaymayı vurgular. Çalışmada, çiftlik konsantrasyonu, gelişmiş entegrasyon ve sertifikasyon sistemleri gibi eğilimleri, bu zorlukların ele alınması ve Tarımsal gıda tedarik zincirlerinde verimliliğin sağlanması için temel olarak belirlemişlerdir.

Nakandala vd. (2016) taze gıda tedarik zincirindeki lojistik yöneticilerine, gıda ürünü kalitesini kabul edilebilir standartların üzerinde tutarken toplam maliyetleri en aza indirmek için maliyet açısından optimize edilmiş nakliye kararları vermede yardımcı olacak bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımların uygulanabilirliğini ve simülasyon sonuçlarını

değerlendirmek için ilgili verilere dayalı bir simülasyon analizi kullanmışlardır. Modelin pratik uygulaması, genetik algoritmalar, bulanık genetik algoritmalar ve ayrıca verimlilik kıyaslaması için bir onarım mekanizması ile uygulanan geliştirilmiş bir simüle edilmiş tavlama prosedürü dahil olmak üzere çeşitli hesaplamalı zeka yaklaşımları kullanılarak gösterilmiştir.

Zheng (2015) Geri Yayılım (BP) Yapay Sinir Ağı modeli kullanarak tarımsal soğuk zincir lojistiği için bir performans değerlendirme çerçevesi sundular. Önerilen yöntem hem niceliksel hem de nitel göstergeleri değerlendirme sürecine entegre ederek, yüksek altyapı maliyetleri, operasyonel yetersizlikler ve gıda güvenliği endişeleri dahil olmak üzere Çin soğuk zincir lojistiğindeki kritik zorlukları ele almayı amaçlamaktadır. BP yapay sinir ağını kullanarak, yaklaşım değerlendirmede insan önyargısını azaltarak nesnelliği ve güvenilirliği artırır ve lojistik zinciri boyunca kalite ve güvenliği garanti etmektedir. Bununla birlikte, Etkinliği büyük ölçüde eğitim örneklerinin kalitesine bağlıdır ve değerlendirme sürecinin doğruluğunu ve güvenilirliğini zayıflatma potansiyeline sahip yerel optimizasyon sorunlarına karşı hassasiyet göstermektedir.

Wu vd. (2015), su ürünlerini soğuk zincir lojistiğinin belirli nitelikleri yanı sıra geleneksel bir performans değerlendirme sistemi temelinde analiz etmişlerdir. Performans değerlendirme sisteminin SISP (Konular, İndeksler, Standartlar ve Performans değerlendirmesinin Aşamaları) modelini ve ACSSN (Su ürünleri, Müşteri, Tedarik Zinciri, Toplum ve Tedarik Zincirinin Düğüm İşletmeleri) değerlendirme indeksleri modelini önermişlerdir. Performans indekslerini değerlendirdikten sonra ağırlıkları bulanık ANP ile hesaplamışlardır. Ardından, sistem dinamik modelini oluşturmak için Vensim yazılımını kullanmışlardır.

Tian vd. (2015) soğuk zincir işletmelerinin güçlü ve zayıf yönlerini analiz etmek ve rekabet güçlerini artırmak amacı ile Çin'in tarım-gıda endüstrisini temel alan bir performans değerlendirme sistemi geliştirdiler. Geliştirilmiş Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Bulanık Kapsamlı Değerlendirme yöntemleri, hedef işletmenin performansını değerlendirmek için bütünleştirilmiştir. Önerilen performans değerlendirme indeks sistemi, yöneticilerin tarım-

gıda endüstrisindeki soğuk zincir işletmelerinin güçlü ve zayıf yönlerini kapsamlı bir şekilde anlamalarına ve uygulamada ilgili soğuk zincir performans faktörlerini sürekli olarak iyileştirmelerine yardımcı olabilmektedir.

He vd. (2015), Flexsim yazılımını kullanarak bir meyve ve sebze soğuk zincir lojistik dağıtım merkezinin operasyon sürecinin modellenmesi ve simüle edilmesini içeren bir çalışma yapmışlardır. Amaç, sistemi optimize etmek ve diğer soğuk zincir lojistik dağıtım merkezleri için değerli bilgiler sunmuşlardır. Dağıtım merkezindeki darboğazları ve atıl kaynakları belirlemek için ilk çıktı verilerini analiz ettiler. Bu bulgulara dayanarak simülasyon sisteminin performansını ve verimliliğini artırmak için ayarlamalar yapılmıştır. Çalışma, soğuk zincir lojistik dağıtım merkezlerinin operasyonlarını geliştirmek için yararlı bir referans sağlamış ve sonuçta bu tür tesislerin genel etkinliğine ve üretkenliğine katkıda bulunmuştur.

Jian ve Jing (2015), temsili bir soğuk zincir lojistik firmanın yeterliliğini değerlendirmek için Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemleri ve bulanık kapsamlı değerlendirme modellemesinin bir kombinasyonunu kullandıklarını belirtmektedir. Değerlendirilen işletmenin temel yetkinliğinin olağanüstü derecede güçlü olmadığı ortaya çıkmış ve bu durum, modelleme sonuçlarına dayanarak soğuk zincir lojistik işletmelerinin geliştirilmesine yönelik öneriler sunmalarına yol açmıştır. Çalışmada, soğuk zincir lojistiğinin gıda güvenliği sorunlarının çözümünde önemli bir rol oynadığı ve tarım ve hayvancılık sektörlerinin büyümesine katkı sağlama potansiyeline sahip olduğu vurgulanmaktadır.

Jedermann vd. (2014), uygunsuz soğuk zincir süreçlerinin, özellikle taze meyve ve sebzeler için, gıda israfına büyük katkıda bulunduğunu vurgulamaktadırlar. Geleneksel İlk Giren İlk Çıkar (FIFO) yönteminden, sıcaklık dalgalanmaları gibi çevresel verilerden hesaplanan kalan raf ömrüne göre ürün rotasyonunu önceliklendiren İlk Son Kullanım Tarihi Geçen İlk Çıkar (FEFO) stratejisine geçişi önermişlerdir. Önemli teknolojik gelişmeler arasında gerçek zamanlı izleme için kablosuz sensör ağları, raf ömrü tahmini için tahmini biyolojik modeller ve “akıllı kap” sisteminin geliştirilmesi yer almaktadır. Çilek, muz ve vakumlu paketlenmiş kuzu eti ile ilgili vaka çalışmaları, bu yaklaşımların israfı azaltma ve ürün kalitesini

korumadaki etkinliğini göstermektedir. Sıcaklık ve etilen gazı konsantrasyonu gibi kritik faktörlerin uzaktan izlenmesi, daha kesin lojistik kararları alınmasını sağlamaktadır. Çalışmalarında, hem maliyet düşürme hem de kalite tutarlılığı sağlamada tedarik zinciri yönetiminin stratejik rolünün altı çizilerek, küresel gıda tedarik zincirlerinde akıllı lojistik çözümlerinin daha fazla benimsenmesi savunulmaktadır.

Tsolakis vd. (2014), tarımsal gıda tedarik zinciri tasarımı ve yönetiminde yer alan tüm paydaşlar için geçerli olan hiyerarşik bir karar verme çerçevesi ve kritik bir sınıflandırma geliştirmişlerdir. İlk olarak, tarımsal gıda tedarik zinciri ağının ortak sistem bileşenlerini ve onu geleneksel tedarik zincirlerinden ayıran benzersiz özelliklerini sunmuşlardır. Ardından, tarımsal gıda tedarik zincirlerinin tasarımı ve planlaması için karar verme süreçlerinin doğal hiyerarşisini tanımlar ve mevcut araştırma çabalarının bir sınıflandırmasını sağlamaktadır. Çalışmada, tarımsal gıda tedarik zinciri yönetiminin hızla gelişen bir araştırma alanı olduğunu, daha çok farklı tedarik zinciri kademeleriyle ilgili vakaya bağlı sorunları ele almaya ve tüm tedarik zincirinin optimizasyonu için entegre metodolojik yaklaşımlar geliştirmede daha az odaklandığına dikkat çekmişlerdir.

Amorim vd. (2014) Portekiz'deki bir gıda dağıtım firmanın karşılaştığı gerçek dünyadaki bir araç rotalama problemini sundular. Bu makale, temel faaliyetlerde üstün bir operasyonel verimlilik elde etmek için karar verme sürecine rehberlik etmede yöneylem araştırması tekniklerinin başarılı bir uygulamasını sunmaktadır. Çeşitli farklı araç rotalama problemlerini çözmede etkili olduğu kanıtlanmış uyarlanabilir büyük mahalle arama çerçevesini kullanıyoruz. Bu problem, çoklu zaman pencereli, heterojen filo sahasına bağlı araç rotalama problemi olarak tanımlanabilir.

Rijkema vd. (2014)'nin çalışmaları, uluslararası bir tedarik zincirinde kabul edilebilir düzeyde ürün israfına sahip, uygun kalitede çabuk bozulan ürünlerin tedarikinde mevcut bir kaynak bulma stratejisinin etkinliğini değerlendirmek üzerinedir. Ayrıca beklenen raf ömrü kayıplarına yönelik maliyetlerin dahil edilmesinin bu kaynak bulma stratejisinin performansını artırıp artıramayacağını da araştırdılar. Çalışmada, prototip bir uluslararası çilek tedarik zincirine odaklanmış ve beklenen raf ömrü kayıpları için hem maliyetli hem de

maliyetsiz olarak uygun sipariş politikaları belirlemiştir. Taşıma ve depolama sırasındaki raf ömrü kayıplarını tahmin etmek için mikrobiyolojik büyüme modelleri kullanıldı. Ortaya çıkan politikaların performansı, sürekli kalite düşüşünü hesaba katan hibrit ayırık olay zinciri simülasyon modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları, lojistik karar verme sürecine beklenen raf ömrü kayıplarına ilişkin maliyetlerin dahil edilmesinin, bozulabilir ürün tedarik zincirlerinde performans iyileştirmelerine yol açabileceği hipotezini desteklemiştir.

Kaipia vd. (2013), çalışmalarında atıkları azaltmak ve sürdürülebilir performansı teşvik etmek amacıyla taze gıda tedarik zincirleri içindeki bilgi paylaşımı uygulamalarını incelemişlerdir. Özellikle talep ve raf ömrü verilerinin paylaşılması açısından malzeme ve bilgi akışıyla ilgili konulara odaklandılar. Bilgi paylaşımının verimliliğinin artırılması, bozulabilir gıda zincirlerinin performansında iyileşmelere yol açmakta ve önemli olan paylaşılan verilerin nasıl ve hangi amaçlarla kullanılması gerektiğinin belirlenmesinde yatmaktadır. Ayrıca teslimatları hızlandırmak ve raflarda ürünün bulunabilirliğini sağlamak için tedarik zincirinin yapısında değişiklikler yapılmasını gerektirmektedir. Araştırmacılar, çapraz vaka analizi yolu ile bilgi paylaşımı ve kullanımının yanı sıra malzeme akışındaki paralel iyileştirmeler yolu ile gelişmiş performansın elde edildiğini gözlemlediler.

Yang ve Cai (2013), taze gıda soğuk zincir lojistik sisteminin yapısını inceleyen ve soğuk zincirin her aşamasında taze gıda ile ilişkili güvenlik risk faktörlerini belirleyen bir çalışma yapmışlardır. Sistemin zaman içindeki dinamik doğasını göz önünde bulundurarak Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Risk Öncelik Numarası (RPN) metodolojisini kullanarak soğuk zincir lojistik sistemi içindeki taze gıda güvenliğine yönelik riskleri analiz etmişlerdir. RPN metodolojisi, taze gıda soğuk zincir lojistik sistemindeki kritik risk faktörlerini ve en zayıf halkayı belirlemelerine olanak tanıyarak, soğuk zincir sisteminin genel performansında iyileştirmeler yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Robinson vd. (2013), tedarik zincirlerinde gıda güvenliğini artırmak için geleneksel nakliye taşıyıcısı seçimi kriterlerinin gözden geçirilmesini vurgulamaktadır. Gıda kaynaklı hastalıkları ve tedarik zinciri zaafalarını ele almak için risk azaltıcı faktörler olarak “altı T”

çerçevesini (izlenebilirlik, şeffaflık, test edilebilirlik, zaman, güvenilirlik ve eğitim) önermektedirler. Bu kriterleri dahil ederek, nakliyeciler riskleri azaltabilirken, taşıyıcılar proaktif güvenlik önlemleriyle rekabet avantajı elde edebilirler. Tartışma, taşıyıcıların gıda güvenliğini sağlama ve nakliyeyle ilişkili riskleri azaltmadaki kritik rolünü vurgulayan vaka çalışmalarıyla zenginleştirilmiştir. Çalışma, tedarik zinciri dayanıklılığını artırmak için bu uygulamaların uygulanması konusunda daha fazla araştırma yapılmasını talep etmektedir.

Kitinoja (2013), gelişmekte olan ülkelerde gıda kayıplarını azaltmak için soğuk zincir kullanmanın önemini incelemiştir. Çalışmada, gelişmekte olan ülkelerin çoğunun, bozulabilir gıda dağıtımı için bütünleşik soğuk zincirlerin gelişimini desteklemek için gereken temel altyapı ve eğitim programlarından yoksun olduğunu bulundu. Çalışmada, ayrıca hükümetlerin şu anda eksik olan altyapıya ve eğitime yatırım yapmaları gerektiğini öne sürmüştür.

Aiello vd. (2012), bozulabilir ürünleri hasat yerinden son müşteriye ulaştıran bir tedarik zincirinin performansını karakterize eden çeşitli yönlerini değerlendirmek için bir simülasyon yaklaşımı önermişlerdir. Tedarik zinciri yapısına göre, perakende mağazasında öngörülen ürün kalitesi açısından bir soğuk zincirin performansını analiz ederler ve bozulan ürünlerin beklenen oranını tahmin etmişlerdir. Yaklaşım referans alınan raf ömrü modellerini kullanır ve Monte Carlo simülasyonuna dayanır.

Joshi vd. (2012), soğuk zincir değerlendirmesinin karmaşıklığını basitleştirmek ve uygulayıcı yöneticinin çabalarını iyileştirmeye odaklamak için bir performans iyileştirme sistemi sunmaya çalışmışlardır. Çalışmalarının amacı, soğuk zincir performansını değerlendirmek ve ardından sürekli iyileştirmeyi uygulamak için kilit performans özelliklerini ve kilit karar faktörlerini belirlemektir. Soğuk zincir performansını ve iyileştirme çerçevesini desteklemek için ikiz grafik teorisine dayalı bir metodoloji geliştirmişlerdir. Önerilen çerçeve, duyarlılık analizi ile birlikte, karar vericilerin performans endeksini ölçmesine ve ilgili soğuk zincir özellikleri arasındaki karmaşık ilişkileri anlamalarına yardımcı olabilmektedir.

Ahumada ve Villalobos (2011), bozulabilir tarım ürünleri için hasat ve dağıtım planlaması amacı ile stratejik bir operasyonel model geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, taze ürün endüstrisindeki üreticilerin karlılığını artırmada kısa süreli planlamanın önemini vurgulamaktadır. Model, ürün tazeliği, işgücü maliyetleri ve taşıma ile ilgili lojistik unsurlar arasındaki dengeyi göz önünde bulundurarak, hasat zamanı içindeki karar alma süreçleri hakkında önemli görüşler sunmaktadır. Makale ayrıca, tarım-gıda tedarik zincirinde etkin operasyonel planlamanın benimsenmesini teşvik ederek, dinamik ve bilgiye dayalı yönetim pratiklerinin gerekliliğini öne çıkarmaktadır.

Mingfei ve Ting (2011), çalışmalarında gıda soğuk zincir lojistiği teorisi, performans yönetimi teorisi ve Veri Zarflama Analizi (VZA) kavramlarından yararlanarak kapsamlı bir sistem önerisi sunmaktadırlar. Bu sistem, soğuk zincir lojistiğinin performansını değerlendirmek için endüstri ortamı, kaynak ve çevre yönetimi ile risk yönetimi olmak üzere üç ana boyutu inceler. Pekin, Şangay, Tianjin, Hubei, Henan ve Hunan bölgelerinde VZA kullanılarak soğuk zincir lojistiğinin performansı analiz edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, devlet departmanlarına soğuk zincir lojistik hizmetlerinin planlanması ve yönetilmesi konusunda değerli içgörüler sağlamaktır. Böylece tarımsal lojistik sistemlerinin verimliliği ve etkinliği artırılmaktadır.

Shi vd. (2010), soğuk zincir ağlarındaki dağıtım stratejilerini, bozulabilir gıda ürünleri hakkında gerçek zamanlı akış ve kalite bilgileri ile optimize etmek için bir karar verme modeli geliştirmişlerdir. RFID, sensör ve kablosuz iletişim teknolojilerini entegre ederek, soğuk zincirde izleme ve izleme, çevresel parametreleri izleme ve gıda kalitesini değerlendirme için kapsamlı bir çözüm çerçevesi önermişlerdir. Tüm soğuk zincir ağının toplam maliyetinin en aza indirilmesi için optimum dağıtım planlarını belirlemek için çok seviyeli bir planlama modeli önermişlerdir.

Blackburn ve Scudder (2009), yaptıkları çalışmada belirli bir bozulabilir ürün türü, yani taze ürünler için verimli tedarik zincirleri tasarlama ve yönetme sorununu ele almışlardır. Taze ürün yönetimi, tedarik zincirindeki ürün değerinin zaman içindeki sıcaklık ve nemden büyük ölçüde etkilenmesi nedeni ile karmaşıktır. Ürün değerlemesindeki bu değişikliklerin bir

sonucu olarak geleneksel tedarik zinciri taktiklerinin etkisiz olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, çalışma diğer bozulabilir ürünler için tedarik zinciri stratejileri oluşturmak için bir ürünün marjinal zaman değerinin nasıl kullanılacağı hakkında bilgi sağlamaktadır.

Montanari (2008), lojistik maliyetlerini en aza indirmek için kullanılabilecek en uygun yönetim çözümünü belirlemek için yapılandırılmış bir çerçeve önermiştir. Ayrıca, soğuk zincirin başlangıcından sonuna kadar bozulabilir ürünlerin kalite ve güvenlik yönlerinin, tamamen kritik başarı faktörlerinin seçimine bağlı olduğu vurgulanmıştır. Çalışma, izlenebilirliğin yalnızca gıda kalitesi için değil aynı zamanda gıda güvenliği için de kritik olması nedeni ile CSCM için güvenilir BT desteğinin olduğunu göstermektedir.

Aramyan vd. (2007), tarım-gıda endüstrisinde tedarik zinciri performansını ölçmek için kavramsal bir çerçeve önermişlerdir. Tarımsal gıda tedarik zincirlerinin belirli özellikleri ile birlikte hem finansal hem de finansal olmayan göstergeleri içeren bütünleşik bir performans ölçüm sistemi geliştirmişlerdir. Çerçeve, üreticiden perakendeciye eksiksiz bir zinciri temsil eden bir Hollanda-Alman domates tedarik zinciri kullanılarak değerlendirildi. Verimlilik, esneklik, yanıt verebilirlik ve gıda kalitesinin bir tarım-gıda tedarik zinciri performans ölçüm sisteminin temelini oluşturan temel performans bileşenleri olduğunu varsaymışlardır.

Bogataj vd. (2005), soğuk zincir yönetiminde soğuk zincir stabilitesini sağlamak için bozulma analizinin özellikle önemli olduğunu incelemişlerdir. Bozulabilir gıda ürünlerinin taşınması sırasındaki sıcaklık dalgalanmalarının taşınan ürünler üzerinde önemli olumsuz etkileri olabileceği sonucuna varmışlardır.

Zhang vd. (2003), soğutulmuş veya dondurulmuş gıdaların dağıtımı için soğuk zincirlerin yapısını optimize etmek için bir tabu-arama algoritması sunmuşlardır. Tüm dağıtım sisteminde depolama ve nakliye maliyetlerini optimize etmişlerdir.

Salin vd. (2003), çalışmada gelişmekte olan ülkelerde gıdaları yeni pazarlara ihraç etmek için kullanılan soğuk zincir iş ilişkilerini incelediler. Kuzeybatı Amerika Birleşik Devletleri ve komşu Kanada bölgelerinden iki Güneydoğu Asya ülkesine donmuş patates ihracatı yapan

firmaların vaka çalışmaları, soğuk zincir ticari iş birliğinin kapsamını göstermek için kullanılmıştır.

2.3. Çalışmada Kullanılan Yöntemlerle Gerçekleştirilmiş Çalışmalar

Bu bölümde, bu çalışmada kullanılan yöntemler ile ilgili literatür incelenmektedir. İlk kısımda bulanık DEMATEL yöntemini kullanan çalışmalara odaklanılmıştır. İkinci kısımda bulanık VIKOR yönteminin kullanıldığı literatür, son kısımda ise bütünleşik bulanık DEMATEL ve bulanık VIKOR yöntemlerini bütünleştiren çalışmalar incelenmiştir.

2.3.1. Bulanık DEMATEL Yöntemi ile Yapılmış Çalışmalar

İlgili literatür incelendiğinde, yalnızca bulanık DEMATEL yönteminin kullanıldığı farklı konular üzerine birçok çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Bunlar şöyle sayılabilir; İnşaat sektörü (Irfan vd., 2024), deprem sonrası geçici barınak yer seçimi (Sakalli vd., 2024), gelişmekte olan ülkelerde endüstri 4.0 olgunluk modellerinin etken faktörleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi (Angreani vd., 2023), mobilya sektörü (Uday vd., 2023), tüketici güven endeksleri oluşturma (Var vd., 2025), atık yönetimi (Yadav vd., 2025), enerji yönetim sistemleri (Gomes vd., 2024), deniz ürünleri ambalaj sektöründeki engellerin analizi (Pradeep vd., 2023), liman endüstrisinde blockchain teknolojisinin benimsenmesine ilişkin engellerin analizi (Guan vd., 2023), çelik üretim sürecinin risk değerlendirmesi (Gao vd., 2025), sürdürülebilir ekonomik kalkınmada (Baş vd., 2024), finansal teknoloji benimsenmesinin kritik başarı faktörlerinin belirlenmesi ve sıralanması (Al-Mawali vd., 2023), deprem sonrası yeniden yapılandırma projesinin etki faktörlerini analizi (Zhong vd., 2024), endüstri 4.0 (Abdullah vd., 2022), KOBİ'lerde e-ticaret teknolojisinin benimsenmesindeki engellerin değerlendirilmesi (Yadav vd., 2022), Çin'in ekspres sektöründe yeşil geçiş gelişimine yönelik temel engellerin belirlenmesi (Xu vd., 2024), sağlık sektöründe lean six sigma uygulama engellerinin ampirik analizi (Singh vd., 2023), boşalmış doğal gaz depolarının karbon depolama potansiyelinin değerlendirilmesi (Hu vd., 2025), moda ayakkabı üretimi (Sarker vd., 2024), spor sektörü (Gazi vd., 2025), işletmelerde kalite kontrolü (Çelik ve Arslankaya, 2023), deniz taşımacılığı (Kuzu, 2023), insan kaynakları (Priyanka vd., 2023).

2.3.2. Bulanık VIKOR Yöntemi ile Yapılmış Çalışmalar

Literatür çalışmaları incelediğinde, bulanık VIKOR yönteminin çeşitli akademik alanlarda ve sektörlerde değerlendirmeler için kullanıldığı görülmektedir. Bunlar şöyle sayılabilir; Su kaynakları planlaması (Opricovic, 2011), Kimya sektörü (Yavuz vd., 2020), Otomotiv tedarik sanayinde personel seçimi (Öztürk vd., 2020), hastane hizmet değerlendirmesi (Chang vd., 2014), yükseköğretimde öğrenme yönetim sistemlerinin değerlendirilmesi (Ayouni vd., 2021), sürdürülebilir tarım tedarik zincirine teşvik edici olarak etki eden agri-food 4.0 özelliklerinin analizi (Singh vd., 2025), terör sonrası turistik destinasyonların imajının yeniden kazanılması (Ali vd., 2018), havaalanı projeleri için en uygun alternatif seçimi (Cevikbas vd., 2023), e-ticaret tasarım platformlarının değerlendirilmesi (Nguyen, 2019), COVID-19 üçüncü dalga kontrolü (Basumatary vd., 2022), yalın üretim sistemlerinde risk analizi (Çoban ve Çakır, 2024), bulut bilişim risklerinin belirlenmesi (Taghavifard ve Majidian, 2022), uygun bakım stratejisinin seçimi kağıt endüstrisinde bir uygulama (Chopra vd., 2022), iyileştirme projeleri (Eski ve Araz, 2021), KOBİ'lerde tedarik zinciri dayanıklılığı (Phan vd., 2023), yalın üretim uygulamasında riskleri analiz etme (Bhalaji vd., 2011), yeşil tedarik zinciri yönetimi (Rostamzadeh vd., 2015), bir otomotiv bileşeninin malzeme seçimi için çevresel etki analizi (Girubha ve Vinodh, 2012), personel seçimi (Alguliyev vd., 2015), çevik bir ortamda hızlı prototipleme teknolojilerinin seçimi (Vinodh vd., 2014), uygun bir römorkörün değerlendirilmesi ve seçimi (Balin vd., 2020), ergonomik değerlendirme yönteminin seçimi (Koppiahraj vd., 2021), çevrimiçi sağlık bilgisi kalitesini değerlendirme modeli (Afful-Dadzie vd., 2016), tersine lojistik (Vahabzadeh vd., 2015), bilgi teknolojileri dış kaynak kullanımı projelerinde ortak seçiminin optimizasyonu (Chen vd., 2009), takım tezgahı seçimi (Wu vd., 2016), sel zarar görülebilirlik (Lee vd., 2014).

2.3.3. Bütünleşik Bulanık DEMATEL ve VIKOR Yöntemi ile Yapılmış Çalışmalar

Bulanık DEMATEL ve Bulanık VIKOR yöntemlerinin bütünleşik olarak kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde, bu alanda sınırlı sayıda araştırma yapıldığı görülmektedir. Bunlar; üretim stratejisi (Quezada vd., 2024), Covid-19 pandemisi sürecinde ekoturizm merkezleri için iyileştirme çözümleri (Hosseini vd., 2021), proje yöneticisi seçimi (Chaghooshi vd.,

2016), ürün konsepti değerlendirmesi (Lin vd., 2011), makine seçimi (Kısa ve Peręin, 2017) olarak sayılabilir

Literatür incelendiğinde, bulanık DEMATEL ve bulanık VIKOR yöntemlerinin bütünleşik bir yaklaşımla kullanıldığı çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görölmektedir. Her iki yöntem de ÇKKV ve değerlendirme süreçlerinde bireysel olarak yaygın şekilde uygulanmış olmasına rağmen, birlikte kullanımına yönelik araştırmalar yeterince geliştirilmemiştir. Bulanık DEMATEL'in kriterler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini belirleme yeteneği ile bulanık VIKOR'un alternatifleri uzlaşmacı çözümler doğrultusunda sıralama kapasitesinin birleşimi, karmaşık karar verme süreçleri için güçlü bir çerçeve sunmaktadır. Ancak, bu bütünleşik metodolojinin literatürde yeterince ele alınmamış olması, farklı disiplinlerdeki potansiyel faydalarının ve uygulanabilirliğinin daha kapsamlı araştırmalarla incelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK DEMATEL VE BULANIK VIKOR YÖNTEMLERİ

Karar alma, günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçasıdır. Sıklıkla birbiri ile çelişen çok sayıda ölçütün (kriterin) olduğu, nitel ve nicel verilerin bir arada bulunduğu, belirsizlik ve bulanıklığın eşlik ettiği bir durumdur (Wang vd., 2006). Bu çalışmada, gıda soğuk zincir lojistiği hizmet sağlayıcılarının performans ölçümlerini gerçekleştirmek için daha etkili ve gerçekçi bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntem, ÇKKV kapsamındaki bütünleşik bulanık DEMATEL bazlı bulanık VIKOR yöntemidir. Bu bölümde bulanık DEMATEL ve bulanık VIKOR yöntemlerinin adımları verilmektedir.

3.1. DEMATEL Yöntemi

Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı olarak bilinen DEMATEL yöntemi, çeşitli kriterler arasındaki birbirine bağlı ilişkilerin belirlenmesini sağlar. DEMATEL yönteminin faydalarından biri, neden-sonuç modeli aracılığı ile kriterler arasındaki dolaylı ilişkileri yakalama yeteneğidir. Bu yöntem; kriterler arasındaki ilişkileri ve bu ilişkileri doğasına göre önceliklendirerek her bir kriter üzerindeki etkisinin gücünü ortaya çıkararak geleneksel tekniklerin ötesine geçer. DEMATEL yöntemi, kriterlerin karşılıklı etkilerine göre önceliklerinin belirlenmesi için yararlı bir yaklaşımdır. Önemli etkiye sahip ve daha yüksek önceliğe sahip neden kriterlerinin belirlenmesine yardımcı olurken, daha düşük önceliğe sahip olan etki kriterleri etkilenmeye daha duyarlıdır ve sonuç kriterleri olarak anılırlar.

DEMATEL yöntemi, bağımlı kriterler arasındaki bağlantıları gösteren bir neden-sonuç diyagramı oluşturmak için sıklıkla kullanılır. En etkili kriterleri belirlemek için görsel yapısal modellerden yararlanır. Bu model, sistem bileşenlerinin yapısını ve bunların birbirine bağlılığını kapsayarak, kriterler arasındaki ilişkilerin kapsamlı bir analizine olanak tanır. Başlangıçta Battelle Memorial Enstitüsü'nün Cenevre Araştırma Merkezi tarafından

oluşturulan DEMATEL tekniği, matrisler kullanarak bir sistem içindeki karmaşık nedensel ilişkileri görsel olarak temsil etmeyi amaçlamıştır (Wu vd., 1972).

Son zamanlarda, DEMATEL yöntemi farklı alanlardaki sorunları çözmek için yaygın bir şekilde uygulanmıştır. DEMATEL yöntemi, çeşitli kriterler arasındaki karşılıklı bağımlılığı gösterir ve bunların etkilerini ölçer. Ancak, bu çalışmada tek bir yaklaşım tek başına yetersizdir çünkü gıda soğuk zincir lojistiği performansının belirlenmesinde doğası gereği yargılar kesin değildir ve bulanıklık taşır. Bu nedenle bu sorunu çözmek için esnek bilgilerin verimli bir şekilde işlenmesi ve tasvir edilmesi için bulanık dilsel modelleme kullanılmaktadır (Wu, 2016).

3.2. Bulanık DEMATEL

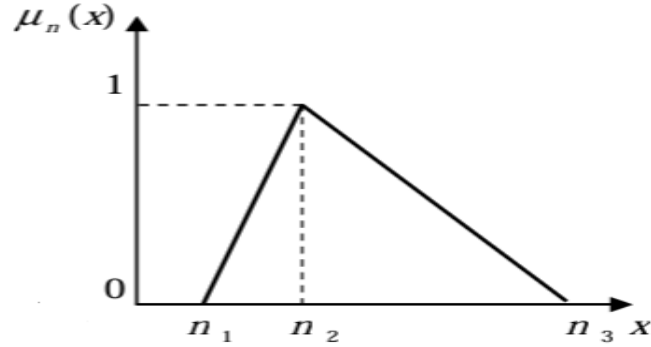
Karar vericilerin deneyim ve bilgilerine güvenmesi nedeni ile değerlendirmeler sıklıkla subjektif yargılar içermektedir. Sonuçların doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak için karar verme sistemindeki belirsizliği yeterince hesaba katmak çok önemlidir. Bulanık küme teorisi, bu tür yargılardaki doğal belirsizliği gidermek için kullanılır (Wu, 2016). Bulanık mantık, 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından geliştirilen ve belirsizliği, insanın karar verme sürecini değerlendirmeye yönelik bir yöntemdir. Teori, ortamdaki belirsiz veya bulanık verileri çözmeyi amaçlamaktadır. Bir elemanın kesin bir kümeye (1 veya 0) ait olup olmadığını tanımlayan geleneksel Boole mantığından farklı olarak bulanık küme, bir üyelik fonksiyonuna göre ait olma derecesini tanımlar (Chang vd., 2011). Bulanık DEMATEL yönteminde, bulanık mantık uzman kararlarının belirsizliğini hesaba katmak için DEMATEL yöntemi ile bütünleştirilmiştir. Bu bütünleştirme, katılımcıların kesin sayısal değerlere güvenmek yerine deneyimlerine dayalı dilsel teşhisler yolu ile belirsizliklerini ifade etmelerine olanak tanır. Bulanık DEMATEL tekniği hem matematiksel analizden hem de insan bilişinden elde edilen ve belirsizlik, açıklık eksikliği, kesinlik eksikliği, kısmi gerçeklik veya belirgin sınırların bulunmaması ile karakterize edilebilen bilgileri ele alır. Bu çalışmada, soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının performansını etkileyen kriterler arasındaki ilişkileri analiz etmek için bulanık DEMATEL kullanılmıştır.

Bulanık DEMATEL yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşur (Pradeep vd., 2023, Wu ve lee, 2007; Chang vd., 2011):

Adım 1: Karar için problemin belirlenmesi ve bulanık ölçeğin uygulanması

Değerlendirme için öncelikle kriterler belirlenir. Kriterlerin belirlenmesi için ise literatüre veya uzman görüşlerine başvurulması gerekmektedir. Kriterlerin aralarındaki etkileşimler ise yine uzmanlar tarafından yönlendirilir. Uzmanlar, etkileyen ve etkilenen faktörler arasında anlamlı ilişkiler kurmada çok önemli bir rol oynamaktadır. Uzman görüşmeleri gerçekleştirilir ve anket kullanılarak kriterler arasındaki ilişkilere ilişkin veri toplanır. Bu, her bir kriterin diğerlerine göre göreceli öneminin değerlendirilmesini içerir. Bu adımları gerçekleştirerek kapsamlı bir değerlendirme oluşturulabilir. Uzman görüşleri bulanıklık içerir bu nedenle bulanık ölçeğe ihtiyaç duyulur. Bulanık ölçek, yamuk, üçgen veya diğer üretilen bulanık sayılar kullanılarak oluşturulabilir. Bu çalışmada Şekil 3'te verilen üçgen bulanık sayılardan yararlanılmıştır ve kullanılan dilsel ifadeler ve bunların üçgen sayı karşılıkları Tablo 4'te verilmiştir.

Şekil 3: Üçgensel Bulanık Sayı



Kaynak: Chen (2000)

Tablo 4: Bulanık Değerlendirme Ölçeği

Dilsel İfade	Üçgen Bulanık Sayılar
Etkisiz	(0; 0; 0.25)
Çok Az Etkili	(0; 0.25; 0.50)
Az Etkili	(0.25; 0.50; 0.75)
Fazla Etkili	(0.50; 0.75; 1)
Çok Fazla Etkili	(0.75; 1; 1)

Kaynak: Wu ve Lee, 2007

Adım 2: Bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Uzmanlar tarafından, kriterler arasındaki ilişkileri tespit etmek amacı ile ikili bir karşılaştırma matrisi oluşturularak dilsel ifadelerinin ve kriterlerin birbirleri üzerindeki etki derecesini değerlendirmeleri istenir. Başlangıçtaki direkt ilişki $\tilde{X}$ matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \dots & \tilde{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{n1} & \tilde{X}_{n2} & \dots & \tilde{X}_{nn} \end{bmatrix}$$

Adım 3: Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Bulanık normalize edilmiş direkt ilişki matrisi ($\tilde{X}$), eşitlik (1) ve (2) kullanılarak elde edilir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{r} = \left(\frac{\tilde{l}_{ij}}{r}, \frac{\tilde{m}_{ij}}{r}, \frac{\tilde{u}_{ij}}{r} \right) \quad (1)$$

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \quad (2)$$

Adım 4: Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi

Bulanık normalize edilmiş direkt ilişki matrisi üç ayrı matrise ayrılmaktadır. Ayrılan matrisler aşağıdaki gibi ifade edilmektedir. Birim matris I ile gösterilmektedir.

$$\tilde{x}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij}) \text{ dir.}$$

$$l'_{ij} = X_l \times (1 - X_l)^{-1}$$

$$m'_{ij} = X_m \times (1 - X_m)^{-1}$$

$$u'_{ij} = X_u \times (1 - X_u)^{-1}$$

$$\tilde{T} = \tilde{X} + \tilde{X}^2 + \tilde{X}^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{X}^i = \tilde{X}(1 - \tilde{X})^{-1} \quad (3)$$

Adım 5: Gönderici ve Alıcı Grupların Bulunması

Satırların toplamı ve sütunların toplamı, $\check{T}$ toplam ilişki matrisi içinde ayrı ayrı olarak incelenir. Toplam ilişki matrisinde satırlar toplamı $\check{T}'$ leri, sütunlar toplamı $\check{R}'$ leri verir yani i satırının toplamı $\check{D}_i$ 'yi i sütununun toplamı $\check{R}_i$ 'yi verir.

$$\check{D}_i = \sum_{j=1}^n \check{T}_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$\check{R}_i = \sum_{j=1}^n \check{T}_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

Adım 6: Durulaştırma

Bu adımda, toplam ilişki matrisinin toplam satır değerleri ($\check{D}_i$) ve toplam sütun değerleri ($\check{R}_i$), $\check{D}_i$ her bir kriterin diğer kriterlere göre önem değerini temsil edecek şekilde hesaplanır ve $\check{R}_i$ her kriterin diğer kriterlerle olan ilişki değerini gösterir. Daha sonra kriterlerin önemini ve aralarındaki ilişkiyi gösteren D+R ve D-R değerleri hesaplanır. Son olarak D+R ve D-R bulanık sayılarının durulaştırma işlemi aşağıda yer alan Eşitlik 6 ile yapılır:

$$\tilde{D}_i^{\text{def}} + \tilde{R}_i^{\text{def}} = \frac{1}{4}(l + 2n + u)$$

$$\tilde{D}_i^{\text{def}} - \tilde{R}_i^{\text{def}} = \frac{1}{4}(l + 2n + u) \quad (6)$$

Adım 7: Sebep-sonuç diyagramının gösterilmesi

Bu adımda $\tilde{D}_i^{\text{def}} + \tilde{R}_i^{\text{def}}$ ve $\tilde{D}_i^{\text{def}} - \tilde{R}_i^{\text{def}}$ 'nin sırası ile yatay ve dikey eksen olduğu bir neden-sonuç diyagramı çizilir. Son olarak, $\tilde{D}_i^{\text{def}} + \tilde{R}_i^{\text{def}} = 0$ ise kriter etkilidir, aksi halde $\tilde{D}_i^{\text{def}} - \tilde{R}_i^{\text{def}} = 0$ ise kriter etkileyicidir. Bu şekilde bir kriterler hiyerarşisi oluşturularak en etkili kriterler belirlenir.

Adım 8: Ağırlıkların hesaplanması

Kriterlerin ağırlıkları aşağıdaki Eşitlik 7 yardımı ile bulunur (Khatun vd., 2023):

$$W_i = \left\{ (\tilde{D}_i^{\text{def}} + \tilde{R}_i^{\text{def}})^2 + (\tilde{D}_i^{\text{def}} - \tilde{R}_i^{\text{def}})^2 \right\}^{1/2}$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w} \quad (7)$$

3.3. VIKOR Yöntemi

VIKOR terimi aslında İngilizce'de "Çok Ölçütlü Optimizasyon ve Uzlaşma Çözümü" anlamına gelen "VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje" anlamına gelir. Opricovic ve Tzeng tarafından geliştirilen bir karar verme yaklaşımıdır.

VIKOR yöntemi, ÇKKV durumlarında uygulanabilir olup, ideal çözüme en yakın uzlaşık çözümü bulmayı amaçlamaktadır (Opricovic ve Tzeng, 2004). Yöntem, bir dizi seçenek arasından en iyi alternatifin belirlenmesine yardımcı olan bir uzlaşma sıralaması listesi sağlar. VIKOR yöntemi iki ana hususu dikkate alır: ideal çözüme olan mesafe ve en kötü çözüme olan mesafedir. Bu mesafelere göre her bir alternatif için uzlaşma ölçüsünü hesaplar ve en yüksek uzlaşma ölçüsüne sahip alternatif, uzlaşma çözümü olarak kabul edilir.

3.4. Bulanık VIKOR Yöntemi

VIKOR yöntemi, ÇKKV verme için güçlü bir teknik olmasına rağmen doğrudan bulanık mantığı kapsamaz veya belirsizlikleri, belirsizliği veya zıt kriterleri ele almaz. Ancak VIKOR yönteminin bu tür sorunları çözmek için bulanık mantık içeren uzantıları vardır. Bu tür bir uzantı, bulanık VIKOR yöntemidir. Bulanık VIKOR yöntemi, belirsizlikler, belirsizlik veya çelişkili kriterler içeren karar verme problemlerini ele almak için VIKOR yöntemini bulanık küme teorisiyle birleştirir. Karar vericilerin tercihlerini daha esnek ve kesin olmayan bir şekilde ifade etmelerine olanak tanır. Bulanık VIKOR yönteminde karar matrisi ve kriterler, bulanık sayılar veya dilsel değişkenler kullanılarak temsil edilir. Bulanık sayılar, alternatiflerin performans değerleri ile ilgili belirsizlikleri yakalamak amacı ile kullanılır. Yöntem daha sonra bulanık sayıları ve dilsel değişkenleri dikkate alarak her alternatif için uzlaşma ölçüsünü hesaplar. Bulanık mantığı birleştirerek, Bulanık VIKOR yöntemi belirsizlikler, belirsizlikler veya çelişen kriterlerle karşı karşıya kalındığında karar verme için daha sağlam ve esnek bir çerçeve sağlar (Sahu vd., 2016). Karar vericilerin birden fazla perspektifi dikkate almasına ve karar verme süreçlerindeki doğasında var olan belirsizliği hesaba katmasına olanak tanır. Bulanık sayıları sıralamak için kullanılan bulanık işlemler ve prosedürler, bulanık VIKOR algoritmasını geliştirmede kullanılır ve daha sonra bulanıklık

daha sonraki bir aşamada çözülür. Bulanık VIKOR yönteminin adımları aşağıda verilmiştir (Chen ve Wang, 2009; Lam vd., 2021; Girubha ve Vinodh, 2012; Safari vd., 2016):

Adım 1: Karar vericiler, alternatifler ve kriterlerin belirlenmesi

Karar vericilerden oluşan bir grup (n) oluşturun, ardından değerlendirme kriterlerini (k) ve uygulanabilir alternatifleri (m) belirlenir.

Adım 2: Dilsel değişkenleri alternatiflere atama

Bu adımda dil değişkenleri Tablo 5'te verilen kriterlere göre alternatiflere tahsis edilir ve ilişki ile bulanık matrisin yapısı elde edilebilir. Bulanık VIKOR yönteminin ilk adımında, verilen kriterlere göre dilsel değişkenler alternatiflere atanır. Bu adım, alternatiflerin performans değerlerinin, farklı performans seviyelerini temsil eden dilsel terimlere dönüştürülmesini içerir.

Tablo 5: Alternatiflerin Değerlendirilmesi için Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişkenler	Bulanık Karşılıklar
Çok İyi	(7,5; 10,0; 10,0)
İyi	(5,0; 7,5; 10,0)
Orta	(2,5; 0,0; 7,5)
Kötü	(0,0; 2,5; 5,0)
Çok Kötü	(0,0; 0,0; 2,5)

Kaynak: Chen ve Wang, 2009

Adım 3: Karar vericilerin tercihleri ve fikirleri birleştirilir

Çok kişili çok kriterli karar verme tekniklerine göre, karar matrisi ve ağırlık matrisi, karar vericilerin görüşlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Daha sonra, bulanık ortalama, karar vericilerin görüşlerini birleştirmek için kullanılmıştır. Alternatiflerin toplanmış bulanık puanını elde etmek amacıyla, karar vericilerin değerlendirmeleri bir araya getirilmiştir. Eğer k adet karar verici varsa, her alternatifin değerlendirmesi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^k x_{ij}^t}{k} \quad (8)$$

$$\tilde{W}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^k x_{t,j}^t}{k} \quad (9)$$

Adım 4: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \tilde{x}_{13} & \vdots & \tilde{x}_{1k} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \tilde{x}_{23} & \vdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \tilde{x}_{m3} & \vdots & \tilde{x}_{mk} \end{bmatrix}$$

Adım 5: Bulanık en iyi değer ($\tilde{f}_j^*$) ve bulanık en kötü değer ($\tilde{f}_j^-$) belirlenir

Bulanık en iyi $\tilde{f}_j^*$ değeri, her bir nitelik için alternatiflerin sahip olduğu en büyük değeri ifade ederken; bulanık en kötü $\tilde{f}_j^-$ değeri ise, her bir nitelik için alternatiflerin sahip olduğu en küçük değeri gösterir ve eşitlik 9'deki gibi hesaplanır.

$$\tilde{f}_j^* = \max \tilde{x}_{ij}, \quad \tilde{f}_j^- = \min \tilde{x}_{ij} \quad (10)$$

Adım 6: $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerlerinin hesaplanması

Burada $\tilde{S}_i$, $\tilde{A}_i$ 'nin bulanık en iyi değerden ayırma ölçüsünü ifade eder; benzer şekilde, $\tilde{R}_i$, $\tilde{A}_i$ 'nin bulanık en kötü değerden ayırma ölçüsüdür ve $\tilde{W}_j$, her bir kriterin ağırlığını temsil eder.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^k \tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-) \quad (11)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j [\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{x}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)] \quad (12)$$

Adım 7: $\tilde{S}^*$, $\tilde{S}^-$, $\tilde{R}^*$, $\tilde{R}^-$, ve Q_i değerlerin hesaplanması

$$\tilde{S}^* = \min \tilde{S}_i \quad (13)$$

$$\tilde{S}^- = \max \tilde{S}_i \quad (14)$$

$$\tilde{R}^* = \min \tilde{R}_i \quad (15)$$

$$\tilde{R}^- = \max \tilde{R}_i \quad (16)$$

$$Q_i = v(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*) / (\tilde{S}^- - \tilde{S}^*) + (1-v) (\tilde{R}_i - \tilde{R}^*) / (\tilde{R}^- - \tilde{R}^*) \quad (17)$$

Burada $\tilde{S}^*$, maksimum grup faydasını; $\tilde{R}^*$, karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını ifade etmektedir. Q_i indeksi, grup faydasının ve minimum pişmanlığın birlikte

değerlendirilmesiyle hesaplanır. v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını ifade eder.

Adım 8: Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi

Bu adımda, belirlenen en iyi alternatifin uzlaştırıcı bir çözüm olup olmadığının değerlendirilmesi gerekmektedir. Uzlaştırıcı en iyi çözümün tespiti için aşağıdaki iki koşulun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

Koşul (1), Kabul Edilebilir Avantaj: Bu koşul, en iyi alternatif ile en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunu göstermeyi amaçlar ve (17) numaralı eşitsizlikle ifade edilir. A' , en düşük Q değerine sahip olan birinci en iyi alternatifken, A'' ise ikinci en iyi alternatiftir.

$$Q(A'') - Q(A') \geq DQ \quad (18)$$

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (19)$$

Koşul (1), Kabul Edilebilir İstikrar: Belirlenen uzlaştırıcı çözümün istikrarlı olduğunu gösterebilmek için, en düşük Q_i değerine sahip alternatifin, S_i veya R_i değerlerinden en az birinde de en düşük skoru alması gerekmektedir.

Adım 9: Alternatiflerin sıralanması

Karar alternatiflerini Q_i değerlerine göre sıralayın. Q_i değeri, 0 ile 1 aralığında olup, 0 değeri bir parametre için en uygun durumu ifade ederken, 1 değeri en uygunsuz durumu göstermektedir. En iyi alternatif, en küçük Q_i değerine sahip olan alternatiftir, çünkü bu alternatif ideal çözüme en yakın olanıdır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

GIDA SOĞUK ZİNCİR LOJİSTİK HİZMET SAĞLAYICILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: KENYA İÇİN BİR UYGULAMA

Lojistik hizmetlerine yönelik etkili ve verimli dış kaynak kullanımına ilişkin kararlar, günümüzün rekabetçi pazar koşullarında işletmelerin başarısı için stratejik öneme sahiptir. Bu araştırma, lojistik sektörü ve tedarik zinciri yönetimi bağlamında, öncelikli araştırma konularından biri olan bozulabilir gıda lojistiği alanına odaklanmaktadır. Gıda endüstrisinde yeterli gıda güvenliğini ve atık azaltımını sağlamada önemli rol oynayan taze gıda lojistiği hizmet sağlayıcılarını değerlendirmede yeni bir yaklaşım sunmaktadır.

4.1. Araştırmanın Önemi ve Amacı

Son yıllarda, gıda kaybı ve israfı ulusal ve küresel siyasi gündemde küresel önemi vurgulanan ve acil bir şekilde ele alınması gereken bir konu haline gelmiştir. Gıda güvenliği ve kalite yönetimine artan bu ilgi, taze gıdaların hızlı bozulabilirliğini ve sıcaklığa duyarlılığını anlamının ve yönetmenin önemini ortaya koymaktadır. Gıda kaybı, insan tüketimi için güvenli olduğu düşünülen herhangi bir gıda ürünün miktar ve kalitesindeki azalmayı ifade eder (FAO, 2014). Taze gıdalar, tedarik zinciri boyunca meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler nedeni ile zamanla bozulmakta ve raf ömrü kısalmaktadır (Giménez vd., 2012). Hasat sonrası kayıp, hasat zamanından tüketime kadar gıda üretiminin hem miktar hem de kalitesinde meydana gelen azalmayı ifade etmektedir. Bu nedenle, gıdaların tazeliğinin korunması ve olası risklerin en aza indirilmesi için uygun yöntemlerin uygulanması ile tüketici sağlığının korunması amaçlanır. Bozulabilir tarım ürünlerinin taşınmasında ve depolanmasında kalitelerini ve raf ömrünü korumak için sıcaklık yönetimi kritik öneme sahiptir. Farklı öğelerin fizyolojilerine ve bozulmaya yatkınlıklarına bağlı olarak özel soğuk zincir ihtiyaçları vardır.

Soğuk zincir lojistiği sektörü; gıda güvenliğini, sağlık hizmeti teslimatını ve ticaret rekabetini sağlar ve küresel olarak özellikle de Afrika'nın geleceği için hayati öneme sahiptir. Sınırlı altyapı, yüksek maliyetler ve düzenleyici engeller gibi zorluklara rağmen, sektör teknolojik yenilik ve yatırım yolu ile gelişmektedir. Soğutma, IoT izleme ve sürdürülebilir uygulamalar konusunda uzmanlaşmış firmalar için fırsatlar bol miktardadır. Verimli soğuk zincir sistemleri, kıta genelinde ekonomik potansiyeli açığa çıkarırken bozulabilir ürünleri koruyarak iş birliğini, yeniliği ve uzun vadeli gelişimi teşvik etmektedir. Gıda kalitesini ve miktarını korumak, aynı zamanda potansiyel kayıpları azaltmak amacı ile titiz koruma tekniklerine güvenen üreticiler için soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcısı seçim süreci son derece önemlidir.

Bozulabilir gıda tedarik zincirlerinde etkili lojistik, kayıpları azaltmak ve kaliteyi korumak için gıda koruma yeteneği, hızlı işlemler ve çeviklik gerektirmektedir (Orjuela vd., 2017). Taze gıda lojistiği için en uygun hizmet sağlayıcılarını belirleme için değerlendirme kriterlerinin neler olacağının tespiti çok önemlidir. Bu ise ilgili literatürü kapsamlı bir şekilde incelenmenin ve bozulabilir gıda lojistiği sektöründeki uzman ve yöneticiler ile yapılan görüşmelerin sonucunda kriterlerin belirlenmesine ve bu kriterlerin hesaplanan önceliklerine dayanmaktadır. Bu araştırma, bu kriterleri ve önem değerlerini belirleyerek çabuk bozulan gıda ürünlerinin lojistiği için en uygun lojistik hizmet sağlayıcılarının bilinçli ve kapsamlı seçimini amaçlamaktadır.

4.2. Kenya'da Soğuk Zincir Lojistiği

Araştırmada, coğrafi alan olarak seçilen Kenya'daki taze gıda için soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının performansını belirlemede etkili olan kriterlerin ve ağırlıkların tespit edilmesi ve alternatif hizmet sağlayıcılarının performanslarının bu kriterler ile değerlendirilmesi ele alınmaktadır. Kenya, Doğu Afrika Topluluğu'nun (EAC) en büyük ekonomisine sahiptir ve küresel ticarete iyi entegre olmuş çeşitli özel sektörü ile iş, lojistik ve finans merkezi olarak hizmet vermektedir (Alliance, 2016). Başkent Nairobi, Kahire ve Johannesburg arasındaki en büyük şehirdir. Tarım-gıda sektörü, Kenya ekonomisi için hayati öneme sahiptir. İç pazarı 56 milyonu aşan Kenya'da tarım, ekonominin ve kalkınma

stratejisinin omurgasını oluşturur. Kenya'da nüfusun %80'i kırsal alanlarda yaşamaktadır ve küçük çiftçiler tarımsal üretimin %75'inden fazlasını üretmektedir. Tarım; hane halkı gelirinin %70'ini, GSYİH'nin %25'ini, ihracatın %60'ını ve toplam hükümet gelirinin %45'ini oluşturmaktadır.

Kenya'da ihracata yönelik tarımda sebze ve meyve üretimi önemli miktardadır; ancak bu tip tarım ürünlerinin yaklaşık %40'ı gibi önemli bir oranı israfa maruz kalmaktadır. Yıllık 662 milyon ABD doları değerindeki hasat sonrası gıda kaybı ve israfı nedeni ile ülkede gıda açığı devam etmektedir (FAO, 2015). Bu nedenle, Kenya'da soğuk zincir pazarı; gıda güvenliğini artırmak, israfı azaltmak ve iklim değişikliği ile mücadele etmek için kritik öneme sahiptir. Sürdürülebilir bir soğuk zincir, sürdürülebilir bir tarımsal gıda sektörünün büyümesini desteklemek için önemli yatırım gerektiren hayati bir altyapıdır. Kırsal geçim kaynaklarını geliştirmede ve Kenya'lıların ekonomik ve refahını iyileştirmede de önemli bir rol oynamaktadır.

4.3. Problemin Tanımlanması İçin Seçilen Kenya Taze Gıda Firması

Öncelikle, gıda soğuk zincir lojistiği sürecinin ayrıntılı anlaşılması için Kenya'da bir firma seçilmiş ve taze gıda lojistiği süreci ve problemleri incelenmiştir. Seçilen firma VLtd, Kenya merkezli olup tarım ürünlerinin yetiştirilmesi, işlenmesi ve ihracatına odaklanan yenilikçi bir firmadır. Firma, meyveler, meyve atıştırmalıkları, tropikal meyve ve sebzelerden üretilen özel ürünler konusunda uzmanlaşmıştır. VLtd, kalite, tat ve besin değeri açısından özenle seçilmiş geniş bir taze sebze ve meyve yelpazesi sunmaktadır. Meyve ve sebzelerin yetiştirilmesinden, bitmiş ürünlerin perakende satış noktalarına dağıtımına kadar sürecin her aşamasını yönetmektedir. Hasat sonrası uygun depolama ve taşıma, ürünlerin tazeliğini koruyarak biyokimyasal reaksiyonların ve mikroorganizmaların neden olduğu bozulmaları önler. Soğuk zincir, belirli sıcaklık aralıklarını koruyarak mikroorganizmaların büyümesini engeller, enzimatik reaksiyonları yavaşlatır ve bozulabilir gıdaların duyu niteliklerini, besin değerini ve tazeliğini muhafaza eder. Bu sürecin iyi yönetimi, gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi, gıda israfının azaltılması ve tüketicilere güvenli, kaliteli gıda sunulması açısından kritik bir rol oynamaktadır.

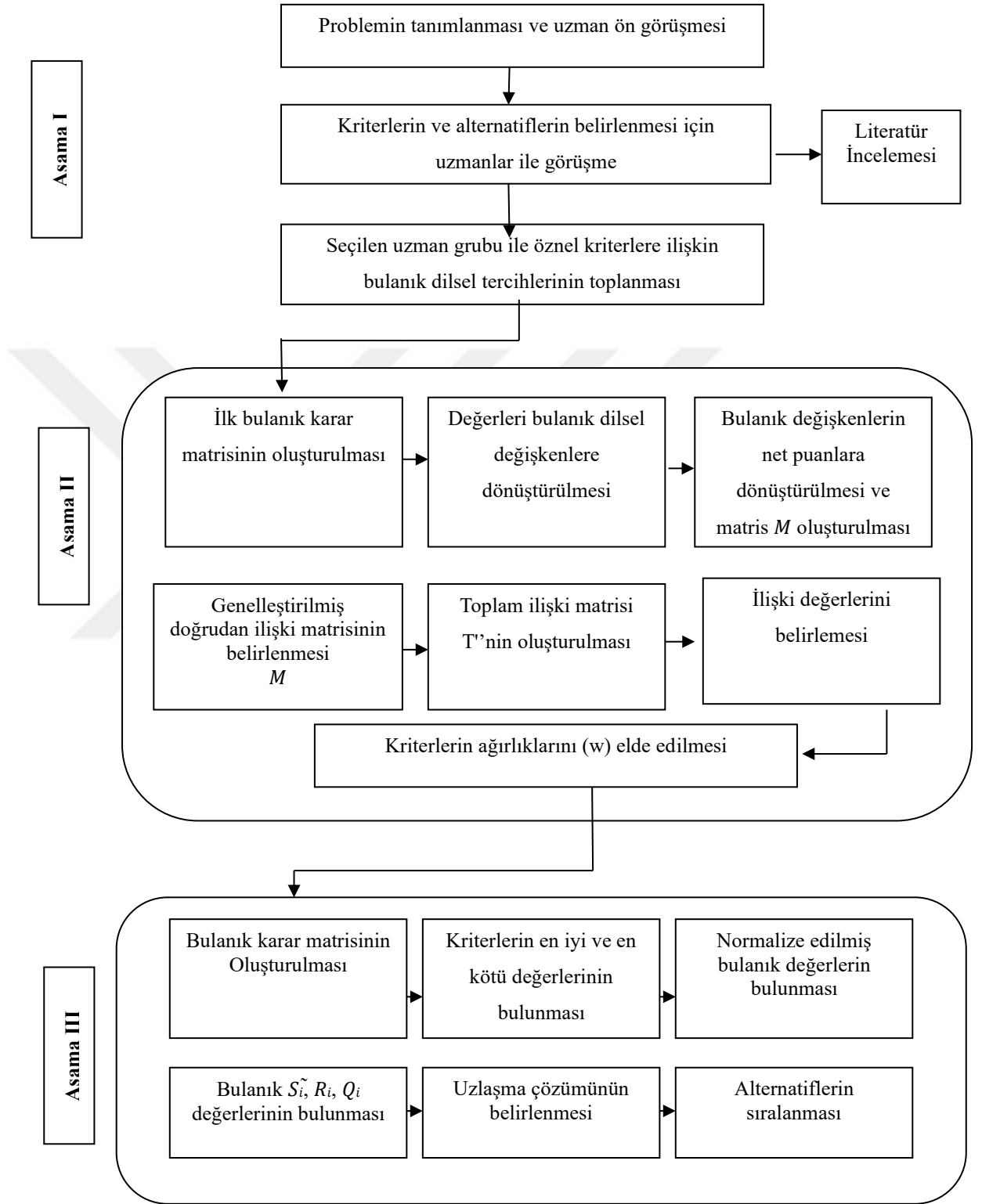
4.4. Araştırmanın Aşamaları

Bu araştırmada, taze gıda lojistik hizmet sağlayıcılarından ilgili faktörlere göre en uygununu seçmedeki karar verme zorluğu için bir bütünleşik bulanık ÇKKV metodolojisi önerilmektedir. Geliştirilen karar destek aracı, Kenya gıda soğuk zincir lojistiği bağlamında bu süreci desteklemek için tasarlanmıştır. Araştırmada, kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesi için bulanık DEMATEL yöntemi baz alınmış, ardından her bir alternatifin kriter ağırlıklarına göre değerlendirilmesi için bulanık VIKOR yöntemi uygulanmıştır.

İki yöntemin de farklı alanlarda uygulamaları bulunmasına rağmen, burada ele alınan araştırma alanı ve belirtilen coğrafi alan ile ilgili mevcut literatürde bu iki yöntemin bütünleştirilmesine ilişkin bir araştırmaya rastlanmamıştır. Veri analizi süreci iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, nedensel ilişkilerin ve belirginlik derecelerinin belirlenmesi için bulanık DEMATEL yöntemi, ikinci aşamada ise alternatiflerin önceliklendirilmesi için bulanık VIKOR yöntemi uygulanmıştır. Bulanık bir ortamda taze gıda soğuk zincir lojistiğinin değerlendirilmesine yönelik önerilen çerçeve ve bütünleşik bulanık DEMATEL bazlı bulanık VIKOR yaklaşımında kullanılan hesaplama adımlarının ayrıntılı bir gösterimi Şekil 4'te yer almaktadır.

4.4.1. Problemin Belirlenmesi

Öncelikle, Kenya'da faaliyet gösteren VLtd firma yöneticileri ile yüz yüze görüşmeye dayalı nitel araştırma yapılmış sektör ve süreç hakkında ön bilgi toplanmıştır. Bu bilgilerin ışığı altında problem belirlenmiştir. Günümüzün hızla değişen küresel ekonomisinde, sıcaklık kontrollü endüstrilerin ürünlerine özellikle taze tarım ürünleri, işlenmiş gıda, kimyasallar, askeri malzemeler ve tıbbi aşılardan gibi ürünlere olan talepte önemli artış olduğu ve bunun soğuk zincir lojistiğini giderek daha önemli hale getirdiği belirlenmiştir. Bozulabilir ürünlerin tazeliğini koruyabilmesi için en kritik faktörlerin uygun taşımacılık ve soğuk depolama sistemleri olduğu belirlenmiştir. Ancak, bazı doğu Afrika ülkelerinde soğuk zincir sistemleri ve lojistik hizmet sağlayıcıları yeterince gelişmemiştir.



Şekil 4: Uygulama Süreci

Kenya'da çiftçilerin ürettikleri ürünlerin yaklaşık üçte biri, soğutma altyapısının yetersizliği, pazara erişimdeki zorluklar ve diğer ilgili faktörler nedeni ile kaybolmaktadır. Özellikle meyve ve sebzelerde yıllık gıda kayıplarının %40 ila %50 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Kenya'da, özellikle meyve ve sebzeler olmak üzere taze gıdalarının kalitesini ihracatçılara tanıtmak isteyen üreticilerin sıcaklık kontrollü depolar kurmaya ilgilerinin arttığı, bazı firmaların israfı ve ürün kaybını azaltmak için çeşitli önlemler aldığı fakat bu alanda hâlâ önemli çözüm ihtiyacı bulunduğu gözlemlenmiştir.

Soğuk zincir lojistiği üzerine yapılan araştırmaların çoğu gelişmiş ülkeler ile ilgilidir. Genel olarak gelişmekte olan ülkelerde ve Doğu Afrika ülkelerinde özellikle Kenya'da soğuk taze gıda lojistiği ile ilgili göstergelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesine ilişkin literatürde bir boşluk söz konusudur. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için genel tedarik zinciri yönetimine ilişkin çalışmalar varken, soğuk zincir lojistiğin performans ölçümüne ilişkin daha az çalışma bulunmaktadır. Ayrıca, soğuk tedarik zinciri yönetiminin gelişmekte olan ülkelerdeki önemi gittikçe artmaktadır. Bu nedenle, bu araştırma Kenya'da soğuk tedarik zinciri lojistik hizmet sağlayıcıları için geçerli olan performans göstergelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Araştırma problemi, firmaların soğuk zincir lojistik faaliyetlerinin etkinliği noktasından hareketle, taze ürünler için soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının performans ölçümü ve seçimi olarak tanımlanmıştır.

4.4.2. Gıda Soğuk Lojistik Hizmet Sağlayıcılarının Performans Kriterlerinin Belirlenmesi

Değerlendirme kriterlerinin belirlenmesinde, lojistik yönetimi alanında Kenya'dan iki Somali'den bir akademisyenin ve Kenya'dan bir gıda lojistiği yönetimi uzmanının görüşlerinden yararlanılmıştır. Literatür incelemesi ve yüz yüze gerçekleştirilen yarı yapısal uzman görüşmeleri sonucu Kenya bağlamında taze ürünlere yönelik lojistik hizmet sağlayıcılarının performansının değerlendirilmesi ve ölçülmesi için belirlenen kriterler aşağıdaki gibidir ve Tablo 6'da detayları özetlenmiştir.

Personelin deneyimi ve eğitim düzeyi (C1), Teslimat hızı ve esnekliği (C2), Hizmetin güvenilirliği (C3), Çevresel duyarlılık (C4), Hizmet kalitesi ve gıda güvenliği (C5), Soğuk zincir altyapı ve ekipman kapasitesi (C6), Paketleme ve taşımaya uygunluk (C7),

İzlenebilirlik güvencesi (C8), İşbirliği, koordinasyon ve kaynak paylaşımı düzeyi (C9), Bilgi ve iletişim teknolojisi kullanım düzeyi (C10), Soğuk zincirin nakliye fiyatı (C11), soğuk zincir hizmet sağlayıcısının itibarı (C12), Soğuk zincir süreçlerinde yenilik ve etkinlik (C13), Hükümet politikası yasaları ve düzenlemeleri (C14), Coğrafi konum (C15), Finansal istikrar (C16), Risk faktörü (C17) olarak belirlenmiştir.

Tablo 6: Çalışmada Kullanılan Kriterler

Kriterler	Kriter kodu	Açıklama	Kaynak
Personelin deneyimi ve eğitim düzeyi	C1	Soğuk tedarik ile ilgili bilgi tecrübe ve personelin eğitim düzeyi	Siddh vd. (2018), Tian vd. (2015), Mahajan vd. (2013), Joshi vd. (2009), Gligor vd. (2017), Loi vd. (2024), Tang vd. (2024), Su vd. (2023), Görçün vd. (2023), Chavalala vd. (2022), Do ve Huang (2022), De Moraes vd. (2022).
Teslimat hızı ve esnekliği	C2	Teslimat hızı ve esnekliği	Ramos vd. (2021), Aramyan vd. (2017), Tian vd. (2015), Jian vd. (2024), Liu ve Hou (2024), Gitinavard vd. (2024), Arora vd. (2023), Li ve Li (2022), De Moraes vd. (2022).
Hizmetin güvenilirliği	C3	Bir gıda soğuk zincir hizmet sağlayıcısının güvenilirliği, sağlayıcının hizmetlerini tutarlı ve güvenilir bir şekilde sunma derecesini ifade eder	Zhang vd. (2019), Gitinavard vd. (2024), Tang vd. (2024).
Çevresel duyarlılık	C4	Lojistik hizmet sağlayıcılarının çevre dostu yöntemlerin uygulanması konusundaki farkındalık düzeyi ve kaygıları.	Wu vd. (2019), Vrat vd. (2018), Ali vd. (2017), Hsiao vd. (2018), Kumar vd. (2022), Sharma vd. (2021), Liu (2023), Del Aguila ve Jiménez (2023), Zhang ve Mohammad (2024), Birkmaier vd. (2024), Luo ve Deng (2024), Su vd. (2023), Hassan vd. (2023), Görçün vd. (2023), Chen vd. (2022), Roy vd. (2020) .

Tablo 6: Devam

Kriterler	Kriter kodu	Açıklama	Kaynak
Hizmet kalitesi ve gıda güvenliği	C5	Lojistik hizmet sağlayıcıları ile taze tarım ve gıda ürünleri tedarik zincirinde hizmet seviyesi	Zhong vd. (2022), Abbas vd. (2022), Van der Vorst vd. (2009), Hsiao vd. (2018), Abougharib vd. (2023), Nakandala vd. (2015), Gogou vd. (2015), Göransson vd. (2018), Joshi vd. (2011), Zhang vd. (2003), Liu ve Hou (2024), Loi vd. (2024), Arora vd. (2023), Chen vd. (2022), Abbas vd. (2022), Do ve Huang (2022),
Soğuk zincir altyapı ve ekipman kapasitesi	C6	Soğuk zincir ekipman kapasitesi, soğuk zincir sistemi içerisinde etkili bir şekilde depolanabilen veya taşınabilen maksimum ürün veya mal miktarını ifade eder.	Singh vd. (2018), Ashok vd. (2017), Tian vd. (2015), Li ve Kim (2024), Loi vd. (2024), Arora vd. (2023), Görçün vd. (2023), Negi ve Trivedi (2021),
Paketleme ve taşımaya uygunluk	C7	Soğuk zincir paketleme, üretimden nihai varış noktasına kadar tutarlı bir sıcaklığı koruyan bir paketleme ve nakliye malları sistemin uygunluğu	Kumar vd. (2019), Chermala vd. (2024), Arora vd. (2023), Do ve Huang (2022), De Moraes vd. (2022), Tsolakis vd. (2014),
İzlenebilirlik güvencesi	C8	Bozulabilşir gıda ürünler için blok zinciri tabanlı bir soğuk zincir lojistik izlenebilirlik sistemin uygulaması	Liao vd. (2011), Trienekens vd. (2008), Joshi vd. (2011), Ma vd. (2023), Granillo-Macias vd. (2024), Arora vd. (2023), Görçün vd. (2023), Tsolakis vd. (2014),
İş birliği, koordinasyon ve kaynak paylaşımı düzeyi	C9	Soğuk gıda zinciri hizmet sağlayıcıları için kaynak paylaşımı koordinasyonu ve iş birliği	Trang vd. (2022), Peng vd. (2019), Papargyropoulou vd. (2014), Balaji ve Arshinder (2013), Kaipia vd. (2013), Peng vd. (2019), Lusiantoro vd. (2017), Yan vd. (2020), Cai vd. (2009), Wu vd. (2015), Loi vd. (2024), Akram vd. (2023), Ma vd. (2023), Zeng vd. (2024), Sharma vd. (2022), Badraoui vd. (2022), Do ve Huang (2022),
Bilgi ve iletişim teknolojisi kullanım düzeyi	C10	Soğuk gıda tedarik zinciri sürecinde bilgi ve iletişim teknolojisinin kullanım düzeyi	Han vd. 2021, Tsang vd. (2017), Centobelli vd. (2020), Chermala vd. (2024), Rukundo vd. (2024), Loi vd. (2024), Tang vd. (2024), Ma vd. (2023), Granillo-Macias vd. (2024), Chavalala vd. (2022), Do ve Huang (2022),

Tablo 6: Devam

Kriterler	Kriter kodu	Açıklama	Kaynak
Soğuk zincirin nakliye fiyatı	C11	Soğuk zincirin nakliye maliye taşıma ve dağıtım toplam maliyeti	Hsiao vd. (2018), Shashi vd. (2017), Bogataj vd. (2005), Joshi vd. (2011), Wu vd. (2015), Bogataj vd. (2005), Yu ve Xiao (2017), Zhang vd. (2003), Chermala vd. (2024), Rukundo vd. (2024), Jian vd. (2024), Birkmaier vd. (2024), Luo ve Deng (2024)
Soğuk zincir hizmet sağlayıcısının itibarı	C12	Bir soğuk zincir hizmet sağlayıcısının itibarı, firmanın yüksek kaliteli soğuk zincir lojistik hizmetleri sunma konusundaki genel algı ve değerlendirmeyi ifade eder.	Roy vd. (2020), Kim and Shin (2020), Tang vd. (2024), Görçün vd. (2023)
Soğuk zincir süreçlerinde yenilik ve etkinlik	C13	Soğuk zincir süreçlerinin yenilik ve etkinliği düzeyleri	Liao vd. (2011), Trienekens vd. (2008), Joshi vd. (2011), Su vd. (2023), Görçün vd. (2023), Ramos vd. (2022)
Hükümet politikası yasaları ve düzenlemeleri	C14	Gıda soğuk zinciriyle ilgili hükümetin yasaları, politikaları ve destekleri.	Zhang vd. (2019), Loi vd. (2024), Chen vd. (2022), Gligor vd. (2018)
Coğrafi konum	C15	Tesise ve ekipmana yakınlık seviye	Roy vd. (2020) Hein vd. (2022), Rukundo vd. (2024)
Finansal istikrar	C16	Firmanın finansal durumu	Gong vd. (2018), Jian ve Jing (2015)
Risk faktörü	C17	Doğal ve insan kaynaklı afetlere maruz kalma durumu	Zhao (2023), Ali vd. (2018), Khan vd. (2022), Liu ve Wang (2020)

4.4.3. Gıda Soğuk Lojistik Hizmet Sağlayıcılarının (Alternatiflerin) Belirlenmesi

Araştırmada, Kenya'daki dört soğuk zincir lojistik firması olan; SONIC FRESH (LSP 1), BCS Kenya Ltd (LSP2), Cold Solutions Kenya (LSP3) ve BigCold Kenya Ltd (LSP4) üzerinde bir vaka analizi gerçekleştirilmiş ve bütünleşik bulanık ÇKKV yöntemi uygulanmıştır. Firmaların ilgili bilgileri, Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Soğuk Lojistik Hizmet Sağlayıcıların Bilgileri

No	Kod	Firma adı	Website adres
1	LSP 1	SONIC FRESH	https://www.sonicfresh.co.ke/perishable-goods.html
2	LSP2	BCS Kenya Ltd	Bcskenya.com
3	LSP3	Cold Solutions Kenya	https://www.coldsolutionskenya.com/locations/
4	LSP 4	BigCold Kenya Ltd	www.bigCold.com

4.4.4. Verilerin Toplanması

Öncelikle, problemin model yapısına uygun şekilde anket soruları İngilizce olarak hazırlanmıştır. Anket iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, kriter ağırlıklarını hesaplamak için belirlenen 17 kritere ait ikili karşılaştırma soruları yer almıştır. İkinci bölümde ise 4 alternatif soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcısının değerlendirilmesine yönelik sorular hazırlanmıştır. İlgili anket Ek1 de yer almaktadır. Kenya'dan beş üst düzey yönetici, iki sektör uzmanı, iki kamu yöneticisi ve iki akademisyenin de dahil olduğu toplam 11 karar vericiye anket yüz yüze toplantılar sırasında uygulanmıştır. Anket uygulaması sonucunda elde edilen veriler, araştırmanın veri seti olarak kullanılmıştır. Karar vericilerin özellikleri Tablo 8'de yer verilmiştir.

Tablo 8: Değerlemeye Katılan Uzmanların Bilgileri

Uzman Kodları	Pozisyon	Tecrübe (Yıl)
KV1	Üst yönetici	15
KV2	Üst yönetici	11
KV3	Üst yönetici	8
KV4	Üst yönetici	8
KV5	Sektörde uzman	10
KV6	Sektörde uzman	20
KV7	Akademisyen	14
KV8	Akademisyen	10
KV9	Endüstri mühendisi	17
KV10	Endüstri mühendisi	7
KV11	Kamu sektörü	8

4.4.5. Bulanık DEMATEL Yöntemi ile Kriterlerinin Ağırlıklandırılması

Bu çalışmada kullanılan bütünleşik bulanık DEMATEL -bulanık VIKOR yöntemi, grup karar verme süreçlerinde insan algısından kaynaklanan bilişsel belirsizliklerin ele alınmasında daha kesin ve sağlam bir yöntem sunmaktadır. Dolayısıyla, önerilen bütünleşik bulanık ÇKKV yaklaşımı, bulanık ve belirsiz bir ortamda Kenya taze gıda lojistiği hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesine yönelik karar kalitesini artırmada kritik bir öneme sahiptir.

Bulanık DEMATEL yöntemi hem temel başarı kriterlerini belirlemek hem de farklı kriterler arasındaki ilişkileri analiz etmek için etkili bir araçtır. Bulanık bir ortamda uzmanların karar vermesini gerektiren sorunların çözümünde tüm endüstrilerde uygulanabilen bir yaklaşımdır. Tablo 9’da uzmanların görüşlerine ait bulanık dilsel ifadeler yer almaktadır.

Tablo 9: Uzmanların Değerlendirmelerine Karşılık Gelen Bulanık Değerler

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
C1	0	ÇAE	FE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	FE	FE	AE	FE	ÇAE	ÇAE	ÇAE
C2	AE	0	ÇAE	ÇAE	FE	FE	AE	AE	AE	FE	AE	AE	AE	AE	AE	FE	AE
C3	ÇAE	ÇAE	0	ÇAE	AE	FE	FE	AE	AE	AE	FE	AE	AE	AE	AE	AE	AE
C4	ÇAE	FE	AE	0	FE	AE	AE	ÇAE	ÇAE	AE	ÇAE	AE	AE	ÇAE	ÇAE	ÇAE	AE
C5	ÇAE	FE	ÇAE	ÇAE	0	FE	AE	FE	ÇAE	ÇAE	ÇAE	ÇAE	AE	AE	AE	AE	ÇAE
C6	ÇAE	ÇAE	ÇAE	ÇAE	AE	0	ÇFE	FE	FE	FE	AE	AE	ÇAE	AE	ÇAE	AE	ÇAE
C7	AE	FE	ÇAE	ÇAE	FE	AE	0	ÇAE	FE	ÇAE	FE	FE	FE	ÇAE	AE	AE	ÇAE
C8	ÇAE	ÇAE	AE	AE	FE	FE	ÇAE	0	FE	FE	ÇFE	AE	FE	FE	ÇAE	ÇAE	FE
C9	AE	AE	ÇAE	AE	AE	FE	FE	ÇAE	0	ÇAE	ÇAE	AE	ÇAE	AE	ÇAE	AE	AE
C10	AE	ÇAE	AE	ÇAE	AE	FE	AE	AE	ÇAE	0	ÇAE	ÇAE	FE	FE	AE	ÇAE	AE
C11	AE	ÇAE	FE	AE	ÇAE	FE	AE	ÇAE	AE	AE	0	FE	ÇAE	FE	FE	ÇAE	ÇAE
C12	FE	AE	AE	ÇAE	ÇAE	ÇAE	AE	AE	AE	AE	ÇAE	0	ÇAE	FE	ÇAE	ÇAE	ÇAE
C13	FE	FE	AE	FE	AE	ÇAE	ÇAE	AE	AE	FE	FE	ÇAE	0	FE	AE	AE	AE
C14	AE	AE	ÇAE	AE	FE	AE	FE	FE	AE	ÇAE	ÇAE	ÇAE	FE	0	AE	ÇAE	ÇAE
C15	AE	AE	AE	AE	AE	AE	AE	FE	AE	AE	AE	AE	ÇAE	ÇAE	0	AE	ÇAE
C16	AE	ÇAE	ÇAE	ÇAE	AE	AE	AE	AE	ÇAE	AE	ÇAE	AE	AE	ÇAE	AE	0	ÇAE
C17	ÇAE	AE	AE	ÇAE	AE	ÇAE	ÇAE	ÇAE	AE	ÇAE	ÇAE	AE	AE	AE	ÇAE	ÇAE	0

0= Etkisiz, ÇAE =Çok Az Etkili, AE = Az Etkili, FE =Fazla Etkili, ÇFE =Çok Fazla Etkili

Ağırlıklandırma için yöntemin adımları takip edilmiştir. Uzman grubun her bir üyesi tarafından kriterler için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilen verilerin ortalaması

bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Verilerin bulanık sayılara dönüştürülmesinde üçgensel bulanık değerlerden yararlanılmıştır. Elde edilen direkt etki matrisi Tablo 10’da verilmektedir.

Tablo 10: Bulanık Sayılarla Direkt Etki Matrisi

	C1			C2			C3			...			C16			C17		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u				l	m	u	l	m	u
C1	0	0	0,25	0	0,25	0,50	0,50	0,75	1	...	...	...	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50
C2	0,25	0,50	0,75	0	0	0,25	0	0,25	0,50	...	...	...	0,50	0,75	1	0,25	0,50	0,75
C3	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50	0	0	0,25	...	...	...	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
C4	0	0,25	0,50	0,50	0,75	1	0,25	0,50	0,75	...	...	...	0	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75
C5	0	0,25	0,50	0,50	0,75	1	0	0,25	0,50	...	...	...	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50
C6	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50	...	...	...	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50
C7	0,25	0,50	0,75	0,50	0,75	1	0	0,25	0,50	...	...	...	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50
C8	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75	...	...	...	0	0,25	0,50	0,50	0,75	1
C9	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50	...	...	...	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
C10	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75	...	...	...	0	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75
C11	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50	0,50	0,75	1	...	...	...	0	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75
C12	0,50	0,75	1	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75	...	...	...	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50
C13	0,50	0,75	1	0,50	0,75	1	0,25	0,50	0,75	...	...	...	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75
C14	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50	...	...	...	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50
C15	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75	...	...	...	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50
C16	0,25	0,50	0,75	0	0,25	0,50	0	0,25	0,50	...	...	...	0	0	0,25	0	0,25	0,50
C17	0	0,25	0,50	0,25	0,50	0,75	0,25	0,50	0,75	...	...	...	0	0,25	0,50	0	0	0,25

Bulanık doğrudan ilişki matrisinin her hücresi, “Toplam u” satırındaki en yüksek değere bölünerek normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi oluşturulur. Tablo 11’de verilen normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi, Eşitlik (1) ve (2) uygulanarak elde edilmiştir.

Tablo 11: Normalize Edilmiş Doğrudan İlişki Matrisi

	C1				C2				C3				...				C16				C17	
C1	0	0	0,02	0	0,02	0,04	0,04	0,06	0,08	...	...	...	0	0,02	0,04	0	0,02	0,04				
C2	0,02	0,04	0,06	0	0	0,02	0	0,02	0,04	...	...	...	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,06				
C3	0	0,02	0,04	0	0,02	0,04	0	0	0,02	...	...	...	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06				
C4	0	0,02	0,04	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,06	...	...	...	0	0,02	0,04	0,02	0,04	0,06				
C5	0	0,02	0,04	0,04	0,06	0,08	0	0,02	0,04	...	...	...	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04				
C6	0	0,02	0,04	0	0,02	0,04	0	0,02	0,04	...	...	...	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04				
C7	0,02	0,04	0,06	0,04	0,06	0,08	0	0,02	0,04	...	...	...	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04				
C8	0	0,02	0,04	0	0,02	0,04	0,02	0,04	0,06	...	...	...	0	0,02	0,04	0,04	0,06	0,08				
C9	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04	...	...	...	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06				
C10	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04	0,02	0,04	0,06	...	...	...	0	0,02	0,04	0,02	0,04	0,06				
C11	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04	0,04	0,06	0,08	...	...	...	0	0,02	0,04	0,02	0,04	0,06				
C12	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	...	...	...	0	0,02	0,04	0	0,02	0,04				
C13	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,06	...	...	...	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06				
C14	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04	...	...	...	0	0,02	0,04	0	0,02	0,04				
C15	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	...	...	...	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04				
C16	0,02	0,04	0,06	0	0,02	0,04	0	0,02	0,04	...	...	...	0	0	0,02	0	0,02	0,04				
C17	0	0,02	0,04	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	...	...	...	0	0,02	0,04	0	0	0,02				

Tablo 12: Toplam İlişki Matrisi

	C1			C2			C3			...			C16			C17		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	...	...	...	l	m	u	l	m	u
C1	0,006	0,045	0,418	0,006	0,065	0,446	0,042	0,097	0,460	...	...	...	0,004	0,058	0,410	0,005	0,058	0,058
C2	0,025	0,083	0,468	0,006	0,048	0,441	0,006	0,063	0,437	...	...	...	0,042	0,096	0,460	0,022	0,077	0,096
C3	0,006	0,063	0,436	0,006	0,065	0,445	0,005	0,042	0,404	...	...	...	0,023	0,076	0,428	0,022	0,075	0,076
C4	0,004	0,056	0,396	0,042	0,094	0,441	0,021	0,071	0,402	...	...	...	0,004	0,054	0,374	0,021	0,070	0,054
C5	0,004	0,056	0,398	0,041	0,093	0,442	0,002	0,053	0,386	...	...	...	0,023	0,072	0,394	0,003	0,053	0,072
C6	0,006	0,061	0,412	0,006	0,062	0,420	0,003	0,057	0,400	...	...	...	0,022	0,074	0,405	0,004	0,056	0,074
C7	0,027	0,085	0,472	0,045	0,104	0,498	0,005	0,063	0,439	...	...	...	0,024	0,080	0,445	0,004	0,060	0,080
C8	0,006	0,063	0,441	0,008	0,067	0,451	0,023	0,078	0,445	...	...	...	0,004	0,059	0,415	0,042	0,095	0,059
C9	0,023	0,075	0,420	0,024	0,077	0,430	0,003	0,054	0,390	...	...	...	0,022	0,072	0,398	0,020	0,070	0,072
C10	0,023	0,077	0,431	0,006	0,061	0,423	0,022	0,075	0,419	...	...	...	0,004	0,055	0,390	0,022	0,072	0,055
C11	0,024	0,081	0,452	0,006	0,064	0,443	0,042	0,096	0,458	...	...	...	0,004	0,058	0,409	0,022	0,075	0,058
C12	0,041	0,091	0,426	0,022	0,074	0,415	0,022	0,071	0,397	...	...	...	0,003	0,051	0,367	0,003	0,051	0,051
C13	0,043	0,102	0,495	0,044	0,104	0,5004	0,026	0,083	0,465	...	...	...	0,023	0,079	0,450	0,024	0,080	0,079
C14	0,024	0,078	0,440	0,026	0,082	0,451	0,004	0,058	0,410	...	...	...	0,005	0,057	0,399	0,004	0,056	0,057
C15	0,023	0,078	0,437	0,023	0,079	0,446	0,023	0,076	0,426	...	...	...	0,022	0,074	0,414	0,004	0,056	0,074
C16	0,022	0,072	0,399	0,004	0,055	0,389	0,003	0,052	0,370	...	...	...	0,002	0,031	0,340	0,002	0,049	0,031
C17	0,003	0,051	0,365	0,022	0,070	0,390	0,020	0,066	0,371	...	...	...	0,003	0,048	0,344	0,002	0,029	0,048

Toplam ilişki matrisi, Eşitlik 3 kullanılarak oluşturulmuş olup, ilgili veriler yukarıda Tablo 12’de sunulmuştur. Bundan sonra, bulanık doğrudan ilişki matrisinde hesaplanan sütun toplamaları D ve satır toplamaları R sonrasında, bir sonraki adım olarak D+R ve D-R değerleri belirlenir. Bu değerler Tablo 13’de gösterilmiştir.

	D+R			D-R		
	l	m	u	l	m	u
C1	0,722	2,606	14,902	-0,103	-0,171	-0,288
C2	14,902	0,793	2,725	-0,288	-0,119	-0,198
C3	0,682	2,541	14,660	-0,137	-0,228	-0,497
C4	0,490	2,220	13,478	-0,076	-0,127	-0,136
C5	0,777	2,698	15,291	0,196	0,326	1,523
C6	0,871	2,854	15,704	0,151	0,251	1,420
C7	0,930	2,952	16,032	0,005	0,008	0,199
C8	0,820	2,769	15,474	-0,034	-0,057	0,184
C9	0,696	2,563	14,764	0,087	0,144	0,861
C10	0,695	2,562	14,741	0,017	0,029	0,464
C11	0,714	2,593	14,833	-0,098	-0,163	-0,244
C12	0,641	2,472	14,436	0,114	0,190	1,019
C13	0,873	2,858	15,827	-0,098	-0,163	-0,246
C14	0,885	2,878	15,930	0,149	0,248	1,266
C15	0,618	2,434	14,288	-0,102	-0,169	-0,314
C16	0,469	2,186	13,355	0,001	0,001	0,330
C17	0,408	2,085	7,328	0,047	0,077	-5,141

Tablo 13: D+R ve D-R Değerleri

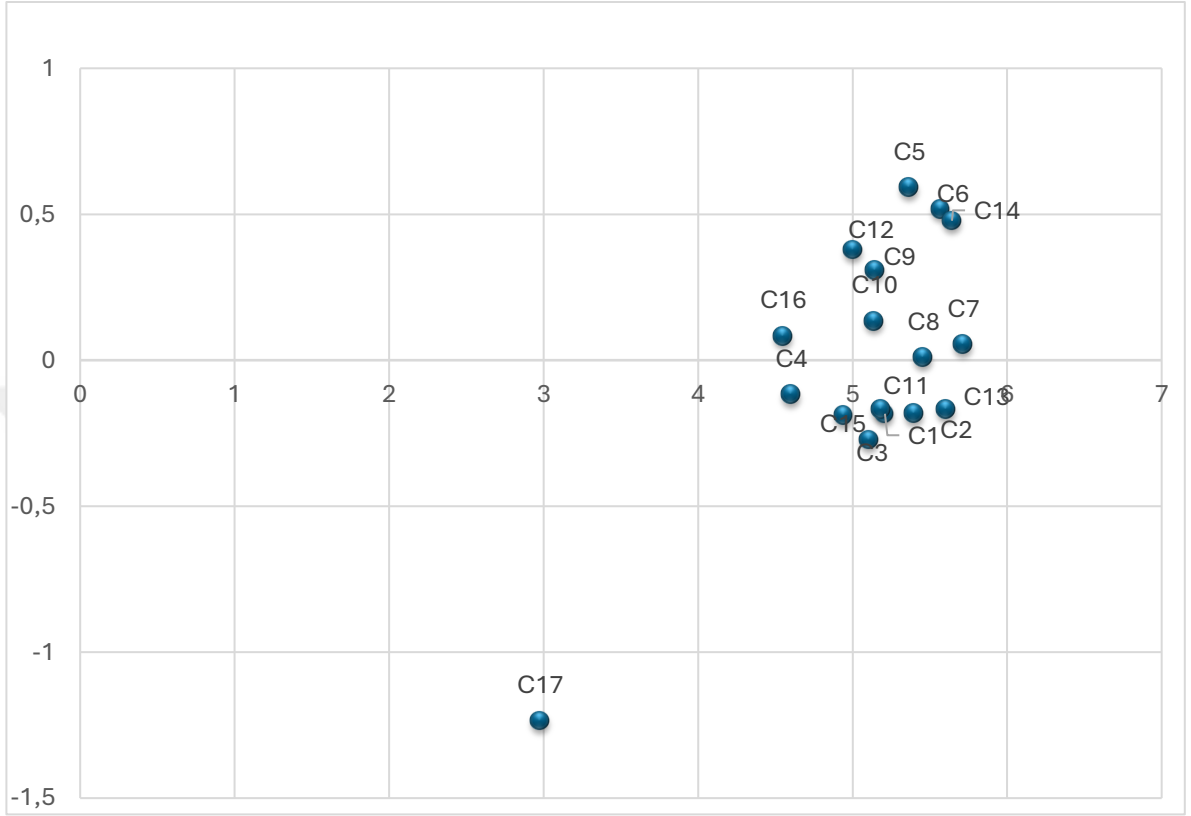
Eşitlik 6’ya göre $\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$ ve $\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$ değerleri ve ağırlıkları aşağıdaki şekilde hesaplanır. Bu süreç durulaştırma olarak adlandırılır ve “def” terimi, İngilizce “defuzzifying” kelimesinden türetilmiştir. İlgili değerler Tablo 14’te sunulmuştur.

Tablo 14: Kriterlerin Durulaştırılmış Değerleri

	$\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$	$\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$	w	W	Sıralama
C1	5,209	-0,183	5,3551	0,0551	12
C2	5,399	-0,181	5,5502	0,0571	9
C3	5,106	-0,273	5,4245	0,0558	11
C4	4,602	-0,117	4,6499	0,0478	16
C5	5,366	0,5093	7,2081	0,0742	1
C6	5,571	0,5018	7,0160	0,0722	2
C7	5,716	0,055	5,7314	0,0590	6
C8	5,458	0,009	5,4579	0,0561	10
C9	5,146	0,309	5,5649	0,0572	8
C10	5,140	0,135	5,2173	0,0537	14
C11	5,183	-0,167	5,3032	0,0546	13
C12	5,005	0,378	5,6162	0,0578	7
C13	5,604	-0,168	5,7410	0,0591	5
C14	5,643	0,478	6,8746	0,0707	3
C15	4,943	-0,189	5,0856	0,0523	15
C16	4,549	0,083	4,5729	0,0470	17
C17	2,977	-1,235	6,8387	0,0704	4

Yatayda önem eksenini ve dikeyde ilişki eksenini belirlenerek bir nedensellik diyagramı oluşturulmuştur. Yukarıda verilen hesaplama sonuçlarına dayanarak, Grafik 4'te neden-sonuç ilişkisinin sistematik olarak neden grubu ve sonuç grubu olmak üzere iki farklı gruba ayrılması yer almaktadır.

Grafik 4: Neden Sonuç İlişki Diyagramının Çizilmesi



Verilen diyagramdan hareketle, verilen kriterler sebep ya da etkileyen (C5, C6, C14, C12, C9, C10, C16, C7, C8) ve sonuç ya da etkilenen (C4, C11, C1, C13, C15, C2, C1, C3 ve C17) kriter grupları olarak sınıflandırılmıştır. Neden grubu kriterleri, etkileyen kriterlerin etkisine atıfta bulunurken, sonuç grubu kriterleri etkilenen kriterlerin etkisine atıfta bulunmaktadır. Nedensellik kriterleri, bozulabilir ürün lojistiğinin en kritik performans yönlerini etkili bir şekilde değerlendirmek için dikkatli bir değerlendirme gerektiren nedensel faktörlere odaklanmak önem taşımaktadır. Kriterlerin birbirine bağımlılığı göz önüne alındığında, neden grubunun kriterlerine ve bunların etki grubunun kriterleri üzerindeki etkilerine büyük dikkat gösterilmelidir. Bozulabilir ürün lojistiğinin performans kriterleri açısından nedensel diyagram, hangi kriterlerin en önemli olduğu konusunda önemli bilgiler sunmaktadır.

Grafik 4 incelendiğinde, C5 (Hizmet kalitesi ve gıda güvenliği) neden grubundaki tüm kriterler arasında en yüksek R+D değerine sahiptir. Bu, C5'in tüm süreç üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğunu gösterir. Bundan sonra, C6 (Soğuk zincir altyapı ve ekipman

kapasitesi) tüm süreçteki ikinci en önemli kriter olduğu için ikinci en önemli nedensel faktördür. C14 (Hükümet politikası yasaları ve düzenlemeleri) olan tüm belirlenen kriterler arasında üçüncü en önemli kriterdir. Genel olarak diğer kriterlerin etki eden faktörleri kolayca etkileyebileceği kabul edilmektedir. Bununla birlikte, soğuk zincir lojistiğinin performansını etkileyebilecek etki eden faktörleri analiz etmek gerekebilir. (D+R) değerinin negatif olması, perspektifin diğer faktörlerden güçlü bir şekilde etkilenen etkiler grubuna girdiğini göstermektedir. Başka bir deyişle, etkili faktörler kolaylıkla diğer faktörlerden etkilenebilir. Taze ürün lojistiğinde bu üç kriter en önemli öncelik olarak ele alınmalıdır, çünkü diğer kriterler üzerinde en büyük etkiye sahip olan faktörlerdir. Ek olarak, negatif (D-R) değerine sahip bir kriter etki grubunda kategorize edilmiştir. Negatif değerler (D-R), bu indekslerin etkisinin (D), etkilenme düzeylerinden (R) daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, söz konusu indekslerin diğerleri tarafından kolayca etkilenebileceğini ifade etmektedir.

D+R değerleri her kriter arasındaki ilişki derecesini gösterir. D+R değeri ne kadar yüksekse diğer faktörlerle ilişki o kadar güçlüdür ve D+R değeri ne kadar düşükse diğer faktörler ile ilişki o kadar düşüktür. (Govindan vd., 2015, Xia vd., 2015). Tablo 13'ün özellikle son satırı, yapılan çeşitli hesaplamalar sonucunda elde edilen nihai ağırlıkları göstermektedir. *Hizmet kalitesi ve gıda güvenliği* (C5), soğuk zincir sektörünün genel verimliliği üzerinde en büyük doğrudan etkiye sahip olması nedeniyle diğer faktörlerle en yüksek düzeyde korelasyon göstermektedir. Benzer şekilde, *soğuk zincir altyapı ve ekipman kapasitesi*(C6) ve hükümet politikası yasaları ve düzenlemeleri (C14) de diğer faktörler üzerindeki önemli etkileri nedeni ile nispeten yüksek değerlere sahiptir. Buna karşın, kriter (C17), diğer faktörler ile en zayıf ilişkiyi göstermektedir. Ayrıca, (D+R) değerleri ile bireysel kriterlerin ağırlıkları arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğu açıkça görülmektedir.

Araştırmanın bu kısmında, nedensel bir diyagram geliştirmek ve soğuk zincir performansının ölçümünü etkileyen kriterlerin göreceli önemini belirlemek için bir vaka analizi yapılmıştır. Her seviyedeki kriterler arasındaki ağırlıklar, bulanık dilsel ifadeler ile bulanık DEMATEL yöntemi ile belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçları, firmaların soğuk zincir ile ilgili kritik faktörleri önceliklendirmelerine ve soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının performans

ölçümünü etkileyen bu faktörlerin neden-sonuç ilişkilerini belirlemelerinde yardımcı olacaktır.

4.4.6. Bulanık VIKOR Yöntemi ile Lojistik Hizmet Sağlayıcıların Sıralanması

Bu araştırma bozulabilir gıda ürünleri için lojistik hizmet sağlayıcılarının, sektör uzmanlarının görüşleri ile değerlendirildiği bir konuyu ele almaktadır. Araştırmada, taze gıda lojistiği sağlayıcılarının performansını etkili bir şekilde değerlendirmek ve ideal çözüm için bulanık VIKOR yaklaşımı kullanılmaktadır. Araştırmada dört hizmet sağlayıcı değerlendirilmiştir. Bu hizmet sağlayıcıların her kriter için değerlendirmesi on bir karar verici tarafından Tablo 5'te gösterilen dilsel ifadeler kullanılarak bir değerlendirme matrisi sunulmuştur. Önceki aşamada bulanık DEMATEL yöntemi ile elde edilen kriterlerin ağırlıkları baz alınarak dört alternatif en iyi taze gıda soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcının sıralanması ve üretici firma için aralarından en uygunun seçilmesi için bulanık VIKOR yöntemi uygulanmıştır. Tablo 15'te, değerlendirme matrisinden elde edilen alternatiflere ilişkin bulanık karar matrisi sunulmaktadır.

Tablo 15: Alternatifler İçin Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	LSP1	LSP2	LSP3	LSP4
C1	5,14	7,14	5,95	6,27
	7,27	8,18	7,27	8,41
	8,86	10,00	8,64	9,32
C2	4,86	4,45	6,05	5,27
	6,82	6,59	8,18	7,05
	8,64	8,18	9,32	8,86
C3	4,77	5,14	4,27	3,77
	6,36	7,27	6,59	5,91
	8,41	8,64	8,41	7,95
C4	4,82	3,95	3,95	4,50
	6,36	5,68	5,68	5,91
	8,41	7,73	7,73	8,41
C5	4,41	4,77	3,68	2,91
	6,36	6,36	5,23	5,00
	8,41	8,64	7,50	7,05
C6	4,00	5,45	4,32	3,05
	5,91	7,05	5,68	4,55
	7,73	8,86	7,95	6,82
C7	5,27	4,36	4,41	4,36
	7,05	6,14	6,14	6,14
	8,86	8,18	7,95	8,18
C8	4,86	5,32	3,18	3,64
	6,82	7,27	5,68	6,14
	8,64	8,86	7,50	7,73

	3,36	3,55	3,36	3,55
C9	5,68	5,68	5,45	5,45
	7,50	7,50	7,05	7,50
	2,86	3,27	4,27	5,00
C10	5,00	4,77	5,23	6,59
	7,27	7,05	7,73	8,64
	3,64	3,68	4,00	5,05
C11	5,23	5,00	5,91	6,82
	7,73	7,27	7,73	8,64
	4,95	5,23	5,27	5,05
C12	6,36	6,82	7,05	6,82
	8,64	8,86	8,86	8,64
	3,36	3,36	3,55	3,50
C13	5,45	5,45	5,45	5,23
	7,27	7,27	7,50	7,50
	3,09	3,77	3,09	2,64
C14	5,23	5,91	5,00	4,55
	7,50	7,73	7,27	6,82
	4,45	7,14	6,45	6,45
C15	6,55	7,73	7,23	7,50
	8,18	9,55	9,09	8,64
	2,86	3,32	2,82	5,32
C16	4,55	4,73	4,32	6,77
	7,05	6,82	6,82	8,41
	4,41	5,05	5,55	3,86
C17	5,64	6,55	6,82	5,45
	7,50	8,41	8,64	7,95

Tablo 16: Durulaştırma Sonuçları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Kriter Ağırlıkları	0,0551	0,0571	0,0558	0,0478	0,0742	0,0722	0,0590	0,0561	0,0572
LSP1	7,0909	6,7727	6,5152	6,5303	6,3939	5,8788	7,0606	6,7727	5,5152
LSP2	8,4394	6,4091	7,0152	5,7879	6,5909	7,1212	6,2273	7,1515	5,5758
LSP3	7,2879	7,8485	6,4242	5,7879	5,4697	5,9848	6,1667	5,4545	5,2879
LSP4	8,0000	7,0606	5,8788	6,2727	4,9848	4,8030	6,2273	5,8333	5,5000
	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	
Ağırlıklar	0,0537	0,0546	0,0578	0,0591	0,0707	0,0523	0,0470	0,0704	
LSP1	5,0455	5,5303	6,6515	5,3636	5,2727	6,3939	4,8182	5,8485	
LSP2	5,0303	5,3182	6,9697	5,3636	5,8030	8,1364	4,9545	6,6667	
LSP3	5,7424	5,8788	7,0606	5,5000	5,1212	7,5909	4,6515	7,0000	
LSP4	6,7424	6,8333	6,8333	5,4091	4,6667	7,5303	6,8333	5,7576	

Yukarıda Tablo 16’da durulaştırılmış karar matrisi sonuçlarına yer verilmiştir. Tablo 17’da her kriter için bulanık en iyi ve bulanık en kötü değerleri gösterilmektedir.

Tablo 17: En İyi $\tilde{f}_j^*$ ve En Kötü $\tilde{f}_j^-$ Değerler

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
$\tilde{f}_j^*$	8,44	7,85	7,02	6,53	6,59	7,12	7,06	7,15	5,58	6,74	5,32	7,06	5,50	5,80	8,14	4,65	5,76
$\tilde{f}_j^-$	7,09	6,41	5,88	5,79	4,98	4,80	6,17	5,45	5,29	5,03	6,83	6,65	5,36	4,67	6,39	6,83	7,00

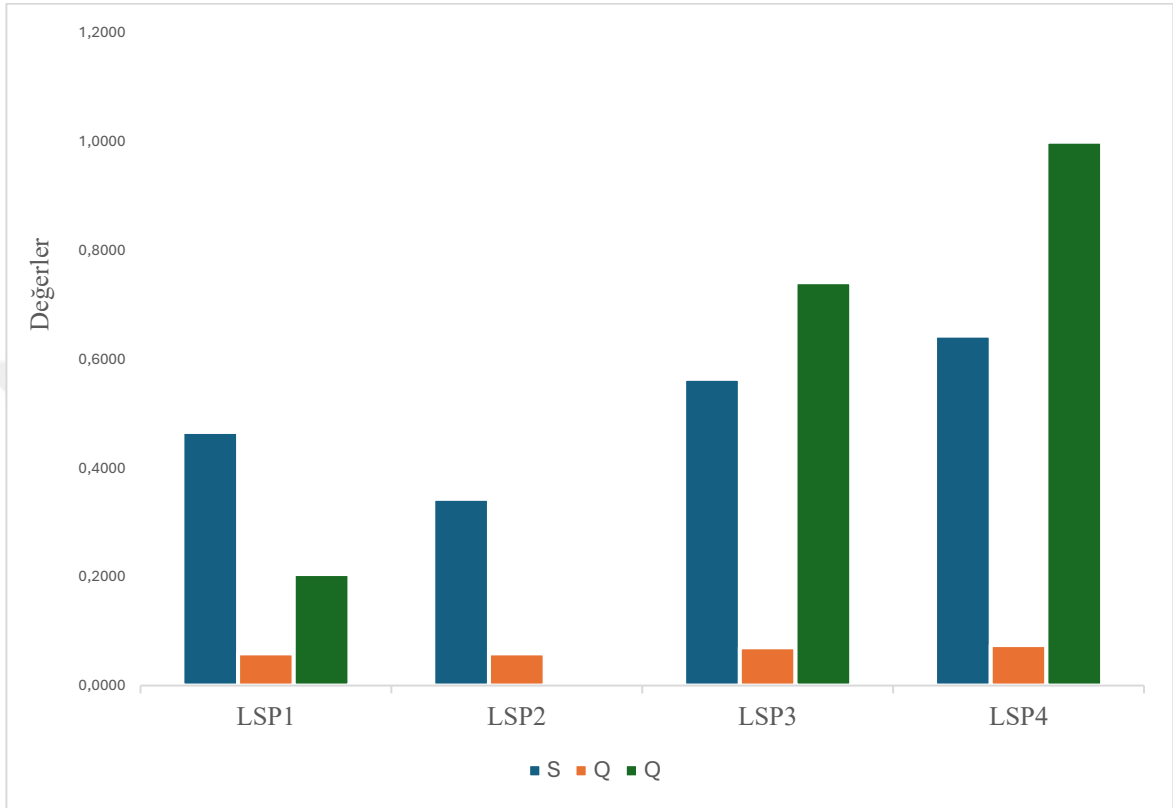
Q_i için alternatiflerin net değeri en düşük değerden en yüksek değere doğru sıralanır. Q değerine göre sıralanan en iyi alternatif, Q 'nun en küçük değerine sahip olanıdır. Alternatiflerin sıralaması Tablo 18’de ve Grafik 5’te gösterilmiştir.

Tablo 18: S, R ve Q Değerleri ve Sıralamaları

Alternatifler	S	R	Q	Sıralamalar		
				S	R	Q
LSP1	0,4664	0,0591	0,2048	2	2	2
LSP2	0,3435	0,0591	0,0000	1	1	1
LSP3	0,50641	0,0704	0,7417	3	3	3
LSP4	0,6436	0,0742	1,0000	4	4	4

İki en iyi seçenek arasındaki fark, kabul edilebilir bir avantaj kriterini karşılamak için $D(Q)$ değeri kadar olmalıdır $Q_{A'} - Q_{A''} \geq D(Q)$ (0,2048). Çözümde elde edilen en düşük Q değerine sahip olan LSP2 seçeneği, bu gereklilik koşulunu sağlamaktadır. Diğer yandan, LSP2 seçeneği hem Q hem de R sıralamalarında birinci sırada yer aldığı için kabul edilebilir kararlılık kriterini de karşılamaktadır. Bu durumda, VIKOR yaklaşımıyla önerilen uzlaşma çözümü alternatiflerin sıralaması şu şekildedir: LSP2>LSP1>LSP3>LSP4.

Grafik 5: VIKOR Yönteminin Uygulanmasının Nihai Sonuçları



Bu artan sıralama, beş lojistik hizmet sağlayıcısı arasında en düşük Q_j ve S_j değerlerine sahip olan LSP2'in en iyi soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcısı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu kriterlere göre, LSP2 en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. LSP2, K1 ve K2 koşullarını karşılamaktadır. Bu nedenle LSP2'nin diğer soğuk zincir sağlayıcılarına kıyasla karar vermede kabul edilebilir bir üstünlüğe ve performansa sahip olduğu görülmektedir. Çalışmada kullanılan bulanık VIKOR yöntemi, LSP2'nin en iyi çözüm olduğunu garanti etmektedir.

TARTIŞMA

Günümüzün son derece rekabetçi gıda pazarında, ürün güvenliğini ve kalitesini sağlamak elzem hale gelmiştir. Gıda israfını en aza indirmek ve gıda güvenliğini sağlamak için gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi hayati bir öneme sahiptir. Gıda kaybı ve israfının azaltılması, sürdürülebilirlik sorunlarının çözümü için çok önemli olup dünya çapında giderek daha fazla kamuoyunun dikkatini çekmektedir (Liu, 2014). Bu durumun su kaynaklarının korunmasına, iklim değişikliğinin hafifletilmesine katkı sağladığı bilinmektedir. Taze gıda soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının dikkatli bir şekilde seçilmesi, güvenlik yönetmeliklerini ve tüketici beklentilerini karşılayan yüksek kaliteli bozulabilir gıdalar üretme işinde kritik öneme sahiptir. Soğuk zincir lojistiği için hizmet sağlayıcıların seçimi, son yıllarda giderek daha fazla bilimsel ilgi gören soğuk zincir yönetiminin önemli bir yönüdür. Küresel lojistik sektörünün genişlemesi, yetiştirme, hasat, paketlenme, nakliye ve satış gibi işlemleri kapsayan taze tarım ürünleri için kapsamlı ve karmaşık bir tedarik zinciri yaratmıştır. Lojistik yöneticileri için ürün kalitesini korumak ve verimli dağıtım sağlamak kritik konular haline gelmiştir (Yu vd., 2022). Taze gıda tedarik zincirinin etkin yönetimi, güvenilirlik ve hizmet kalitesi de dahil olmak üzere bir dizi faktöre dayalı olarak lojistik hizmet sağlayıcılarının (LSP) seçilmesini ve değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada, elde edilen bulgular sonucu araştırma alanı olarak seçilen Kenya'daki taze gıda lojistik hizmeti sağlayıcılarının performansı kapsamlı bir şekilde değerlendirilmektedir. Sonuçlar, taze gıda lojistiğinin iyileştirilmesi ve soğuk zincir lojistik hizmetleri için en uygun alternatif sağlayıcıların belirlenmesinde dikkate alınması gereken temel performans kriterlerini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın analiz bölümünde, taze gıda lojistik hizmet sağlayıcılarının seçiminde performansı etkileyen 17 farklı kriter kullanılmıştır. Bu çalışmada, Kenya'da taze tarım ürünleri için soğuk zincir lojistiğinin gelişimini etkileyen faktörleri incelemek için alan araştırmalarından, literatür incelemelerinden ve uzman toplantılarından yararlanılmıştır. Hangi faktörlerin taze tarım ürünleri için soğuk zincir lojistiğini etkilediği sonucuna varılmıştır. Çalışma analiz sonucunda, kriterler ağırlıklarının arasında hizmet kalitesi ve gıda

güvenliği (C5), en önemli en önemli faktör olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Soğuk zincir altyapı ve ekipman kapasitesi (C6), hükümet politikası yasaları ve düzenlemeleri (C14) ve risk faktörü (C17) kriterlerin de kritik öneme sahip olduğu belirlenmiştir. Soğuk zincir lojistik hizmetleri için farklı ülkelerde yapılan çalışmalar ile bu çalışma karşılaştırıldığında şu sonuçlar görülmüştür. Zhang vd. (2023)'nin Çin'de gerçekleştirilen çalışmalarında hizmet kalitesi, firma gücü ve nakliye kapasitesinin en önemli seçim kriterleri olduğu belirlenmiştir. Nguyen vd. (2022)'nin Vietnam'da yaptıkları çalışmada, soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının seçiminde en önemli kriterlerin ürün kalitesi, lojistik maliyetleri ve inovasyon olduğu ortaya koymuşlardır. Yan vd. (2021) yaptıkları çalışmada, lojistik hizmet sağlayıcılarında gıda kaybı ve israfının başlıca nedenlerini; teknik yetersizlikler, pahalı ekipman maliyetleri ve mevzuat eksikliği olarak belirlemişlerdir. Oliveira Neto vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada, Brezilya'da soğutulmuş ürünler için lojistik hizmet sağlayıcılarını seçerken markanın itibarını korumak açısından kalite ve güvenilirliğin en önemli faktörler olduğunu bulmuşlardır. Liu (2014)'ya göre, Çin'de yaşanan gıda kayıplarının büyük çoğunluğu depolama ve taşıma aşamalarından kaynaklanmakta olup, bu kayıpların başlıca nedeni soğuk zincir altyapısının yetersizliğidir. Wiangkam vd. (2022) Tayland'da lojistik hizmet sağlayıcılarının seçimi üzerine yapılan çalışmalarında, zamanında teslimat ve ulaşım sisteminin standartları, gıda sektörünü etkileyen en önemli unsurlar olarak vurgulanmıştır.

Soğuk zincir lojistik sağlayıcılarını seçerken ve değerlendirirken, özellikle düşük sıcaklıkta depolamadan sorumlu olanlar için çeşitli faktörler dikkate alınmaktadır. Optimum depolama koşullarının sağlanmasına katkıda bulunarak, yetersiz soğutma uygulamalarından kaynaklanan ürün kayıplarını önlemeye yardımcı olmaktadır. Soğuk zincir lojistiği araştırmaları, temel performans göstergeleri, yasal gereklilikler, sürdürülebilirlik kriterleri ve teknolojik gelişmeleri analiz ederken, bu unsurların önemi genel olarak kabul edilse de bölgesel koşullar, sektörel öncelikler, maliyet ve altyapı olanakları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu çalışmada elde edilen soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarını ilgilendiren bulgular, Kenya'da taze ürün sektörüne ilişkin temel kriterleri ortaya koyarken literatüre de katkı sağlamaktadır. Taze gıda ürünler açısından soğuk zincir lojistiğinde kritik

rol oynayan kriterlerin belirlenmesi, daha etkili ve verimli bir soğuk zincir lojistiğine katkıda bulunmaktadır.



SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünya nüfusu, gıda arzından daha hızlı artmakta ve gıda üretimi için gerekli kaynaklar giderek daha kıt hale gelmektedir. Küresel ticaretin genişlemesi ve tüketicilerin yüksek kaliteli gıdaya olan talebinin artması ile birlikte, soğuk zincir lojistiği bağlamında gıda kalitesi ve güvenliğinin sağlanmasına daha fazla önem verilmektedir. Gıda soğuk zincirleri, gıda kaybı ve israfının azaltılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. İyi işleyen bir soğuk zincir sistemi, bozulabilir gıdaları uygun sıcaklık ve nem ortamında muhafaza etmektedir. Bu, toplama noktasından son tüketime kadar kalite ve güvenliği garanti etmektedir. Soğuk zincir lojistiği hizmet sağlayıcılarının becerilerinin geliştirilmesi, gıda kalitesini ve güvenliğini artırmaya yönelik en etkili yaklaşımlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bozulabilir gıda maddelerinin verimli ve güvenilir bir şekilde taşınması ve depolanmasını sağlamak için bu sorunun en kısa sürede ele alınması kritik öneme sahiptir. Öte yandan, tarımsal ürün lojistiğinin hızla genişlemesi çeşitli zorlukları da beraberinde getirmektedir. Taze gıda son derece çabuk bozulur ve bozulmaya meyillidir, zamanında nakliye için sıkı koşullar ve optimum tazeliği koruyan bir ortam gerektirmektedir.

Teorik Katkılar

Taze gıda lojistiğinin amacı, lojistik maliyetlerini en aza indirerek ve çevre dostu uygulamalara bağlı kalarak son tüketiciye sürekli olarak güvenli gıda tedarik etmektir. Gıda sektörü, israfı azaltabileceği, ürün güvenliğini sağlayabileceği ve bozulabilir gıdaların raf ömrünü uzatabileceği için etkili soğuk zincir lojistiğinden büyük ölçüde yararlanabilmektedir. Soğuk zincir lojistiği, kendine özgü zorlukları olan özel ve karmaşık bir alandır. Soğuk zincir lojistiği, bozulabilir gıdaların üretim noktasından müşteriye ulaşana kadar korunmasını sağlayan tedarik zincirinin önemli bir parçasıdır. Güvenli, taze gıda ve diğer sıcaklığa duyarlı ürünlere yönelik küresel talebin artması ile birlikte soğuk zincir lojistiğinin önemi de artmıştır. Soğuk zincir lojistiği için hizmet sağlayıcıların seçimi, son yıllarda giderek daha fazla bilimsel ilgi gören soğuk zincir yönetiminin önemli bir yönüdür.

Soğuk zincir lojistiğini geliştirmenin önemi göz önüne alındığında, lojistik hizmet sağlayıcıların değerlendirilmesi ve sıralaması çok önemlidir. Taze gıda depolama ve soğuk zincir operasyonlarına yönelik lojistik sağlayıcıların seçimi ve değerlendirilmesi sürecinde, yetersiz soğutma stratejilerinden kaynaklanan ürün israfını en aza indirmeye yönelik kritik faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir

Bu çalışma, Kenya gıda soğuk zincir lojistiği hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesi ve seçimi için bir bütünleşik bulanık ÇKKV modeli önermektedir. Bu bütünleşik model, farklı karar seviyeleri arasındaki karmaşık ilişkileri hesaba katarak karar verme kriterleri ağırlıklarının dikkate alınmasını sağlamaktadır. Bulanık dilsel ortamda bulanık DEMATEL ve bulanık VIKOR modelini içeren bir ÇKKV modeli önerilmiştir. Önerilen yöntem, öğeler arasındaki ilişkileri haritalamak için bulanık DEMATEL tekniğini kullanır ve kriter ağırlıklarını belirler. Lojistik hizmet sağlayıcılarına öncelik belirlemek için bulanık VIKOR tekniği uygulanmıştır. Önerilen metodoloji, uzman görüşmeleri ve literatür incelemelerine dayalı olarak geliştirilmiş olup, Kenya'nın taze ürünlerin soğuk zincir lojistiğinde hizmet sağlayıcıların değerlendirilmesi ve seçimine yönelik ilk modelidir. Metodolojiyi bu özel bağlama uygulayarak tez, Kenya'daki soğuk zincir endüstrisinin lojistik performansını değerlendirme ve iyileştirmede yaklaşımın etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermeyi amaçlamaktadır. Vaka örneği, önerilen metodolojinin nasıl uygulanabileceğine ve bunun Kenya bağlamında soğuk zincir lojistiğinin verimliliğini ve etkinliğini artırma üzerindeki potansiyel etkisine dair pratik bir örnek sunmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde taze gıdalar için soğuk zincir performans değerlendirme sistemlerinin uygulanmasına ilişkin çok az araştırma bulunmaktadır. Karar vericiler, firmaların gıda kaybını ve israfını azaltmak için performans değerlendirmesinin nasıl başarılı bir şekilde uygulandığını ve bunun firmaların bozulabilir gıdaların kalitesini ve güvenliğini iyileştirmedeki etkinliğinin nasıl iyileştirdiğini anlamak için ampirik verilerden yoksundur.

Bununla birlikte, performans ölçümüne yönelik beklentiler, genellikle belirsiz ve öngörülemez koşullarda belirsiz ve kesin olmayan öznel yargılardan büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın hedefleri doğrultusunda, 11 uzmandan elde

edilen görüşme verileri, Kenya'daki dört soğuk zincir hizmet sağlayıcısının göreceli hizmet performansını değerlendirmek amacı ile bütünleşik bulanık DEMATEL ve bulanık VIKOR modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kriterler arasındaki ağırlık açısından hizmet kalitesi ve gıda güvenliği (C5) en önemli faktör olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, soğuk zincir altyapı ve ekipman kapasitesi (C6), hükümet politikaları, yasalar ve düzenlemeler (C14) ile risk faktörü (C17) kriterlerinin de kritik öneme sahip olduğu tespit edilmiştir. Kenya'da taze gıda soğuk lojistik hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesi sonucunda, alternatifler arasında en iyi hizmet sağlayıcı olarak LSP2 belirlenmiştir

Soğuk gıda lojistik hizmet sağlayıcıların seçim sürecinde, farklı kriterlere ait ağırlıkların değiştirilmesi alternatiflerin sıralama düzeninde değişikliklere yol açabilir. Bu analiz, nihai sıralamanın ağırlıklardaki değişimlere ne kadar duyarlı olduğunu belirlemek için kullanılabilir ve böylece kullanılan yöntemin sağlamlığını ve kararlılığını değerlendirmeye, karar verme sürecinin güvenilirliğini sağlamaya yardımcı olur. Elde edilen bulgular, en kritik verileri öne çıkararak karar vericilere rehberlik etmekte ve çok kriterli karar problemlerinde odaklanılması gereken temel kriterlerin belirlenmesine katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, uzman toplantıları ve literatür incelemeleri temelinde soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının seçimi için kapsamlı kriterler sunarak taze tarım ürünleri için en uygun lojistik hizmet sağlayıcısının belirlenmesini sağlayarak bilimsel literatüre katkıda bulunmaktadır

Yönetimsel Katkılar

Bu çalışmanın sonuçları, taze ürünler için en iyi soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcısının analiz edilmesi ve seçilmesinde ve diğer soğuk zincirlerdeki karar vericiler için yararlı bir referans olarak kullanılabilir.

Kenya ve diğer Doğu Afrika ülkeleri, altyapıyı iyileştirerek, gelişmiş teknolojiler sunarak ve politika çerçevelerini iyileştirerek gıda korumayı iyileştirebilir, israfı azaltabilir ve tarımsal değer zincirlerini güçlendirebilir. Bu zorlukların ele alınması, çiftçilerin geçim kaynaklarını iyileştirebilir, piyasa verimliliğini artırabilir ve gıda güvenliğini sağlayabilir

Taze gıda sektöründe hizmet veren bir firmada servis sağlayıcı seçimine yönelik yapılan bu çalışma, sektörün en iyi soğuk lojistik servis sağlayıcısını kullanırken rekabetçi kalmasına yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, bozulabilir gıdaları depolama ve taşıma sırasında ideal sıcaklık aralıklarında tutar ve bunların en sıkı kalite ve güvenlik gereksinimlerini karşılayan bir durumda müşterilere ulaştırılmasını garanti etmektedir. Çalışma, Kenya'daki politika yapıcılar ve uygulayıcılar ile benzer coğrafi ve çevresel koşullara sahip Doğu Afrika ülkeleri gibi diğer ülkeler için önemli öneriler içermektedir. Bu öneriler, ortak zorlukları etkili bir şekilde ele almak için politika geliştirme ve pratik müdahalelere rehberlik etmeyi amaçlamaktadır. Genel olarak bu çalışma, gıdada soğuk zincir lojistiğini başlatmak veya geliştirmek isteyen firmalara pratik ve teorik destek sunmaktadır.

Kenya hükümeti, verimliliği ve güvenliği sağlamak için soğuk zincir yönetmeliklerini net bir şekilde belirlemelidir. Vergi avantajlarının sağlanması, özel firmaları soğuk zincir altyapısına yatırım yapmaya teşvik edebilir. Ayrıca, eğitim programları yürütmek, çalışanların uygun soğuk depolama yöntemleri hakkındaki bilgilerini iyileştirebilir ve böylece genel tedarik zinciri yönetimini optimize edebilir. Kenya hükümeti soğuk zincir kısıtlamalarını net bir şekilde belirlemelidir. Vergi avantajları özel firmaları soğuk zincire yatırım yapmaya teşvik edebilir. Çalışanlar eğitim yoluyla uygun soğuk depolama yöntemlerini öğrenebilmektedir. Ancak, özellikle gelişmekte olan ülkelerde taze gıdalar için soğuk zincir sistemlerinin benimsenmesi ve uygulanması konusunda önemli bir araştırma boşluğu bulunmaktadır.

Kısıtlar

Bu çalışmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Araştırmanın coğrafi kapsamı yalnızca Kenya ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca, çalışmada ele alınan soğuk zincir ürünleri yalnızca taze gıdalarla, özellikle sebze ve meyvelerle sınırlı tutulmuştur. Taze gıda lojistiğinde hizmet sağlayıcılarının performansı, literatürde yaygın olarak kullanılan ve alan uzmanları ile gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda belirlenen 17 performans kriteri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Ancak bu performans kriterleri, soğuk zincir ürün türüne ve değerlendirilen ülkenin lojistik altyapısına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Buna ek

olarak, karar vericilerin öznel değerlendirmeleri doğrultusunda elde edilen bulguların değişkenlik gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Kenya'daki gıda soğuk zinciri lojistiği alanında karar verici konumunda bulunan paydaşlara erişim sınırlı düzeyde kalmıştır. Gerek kamu gerekse özel sektörde bu alana özgü uzmanlaşmış karar verici sayısının yetersizliği, nitelikli ve kapsamlı veri elde edilmesini önemli ölçüde zorlaştırmıştır. Ayrıca, ülkede faaliyet gösteren soğuk zincir lojistik firmalarının hem sayıca yetersiz hem de alternatifler açısından sınırlı olması, performans değerlendirmelerinde karşılaştırmalı analiz yapılmasını güçleştirmiştir.

Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Bu metodoloji, özellikle mevcut krizlere yanıt olarak, tedarik zinciri koordinasyonuna yeni kriterler eklenerek farklı alanlarda uyarlanabilir şekilde genişletilebilir. Ayrıca, gelecekteki araştırmalar bu yaklaşımı farklı endüstrilere ve ülkelere uygulayarak sonuçların genellenebilirliğini değerlendirmek için farklı ÇKKV yöntemlerini kullanabilir. Gelecek araştırmalar, değerlendirme sürecinin sağlamlığını ve güvenilirliğini artırmak amacı ile ANP, EDAS, MOORA, ELECTRE, MARCOS ve TOPSIS gibi diğer çok kriterli karar analizi yaklaşımlarını içerebilir. Farklı yöntemlerin uygulanması ile araştırmacılar, elde edilen sonuçları karşılaştırabilir, sonuçların tutarlılığını değerlendirebilir ve farklı karar bağlamları için bu yaklaşımların uygunluğunu inceleyebilir.

KAYNAKLAR

- Abbas, H., Zhao, L., Faiz, N., Ullah, H., Gong, J., & Jiang, W. (2022). One belt one road influence on perishable food supply chain robustness. *Environment, development and sustainability*, 1-17.
- Abdullah, F. M., Al-Ahmari, A. M., & Anwar, S. (2022). Exploring key decisive factors in manufacturing strategies in the adoption of Industry 4.0 by using the fuzzy DEMATEL method. *Processes*, 10(5), 987.
- Abeyratne SA, Monfared RP (2016) Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. *Int J Res Eng Technol* 5(9):1–10
- Abougharib, A., Awad, M., & Ndiaye, M. (2023). Remaining shelf-life estimation of fresh fruits and vegetables during transportation. *IEEE Access*, 11, 8845-8859.
- Adamashvili, N., Fiore, M., Contò, F., & La Sala, P. (2020). Ecosystem for successful agriculture. Collaborative approach as a driver for agricultural development. *European Countryside*, 12(2), 242-256.
- Aday, S., & Aday, M. S. (2020). Impact of COVID-19 on the food supply chain. *Food Quality and Safety*, 4(4), 167-180.
- Adekomaya, O., Jamiru, T., Sadiku, R., & Huan, Z. (2016). Sustaining the shelf life of fresh food in cold chain—A burden on the environment. *Alexandria Engineering Journal*, 55(2), 1359-1365.
- Affognon, H., Mutungi, C., Sanginga, P., & Borgemeister, C. (2015). Unpacking postharvest losses in sub-Saharan Africa: a meta-analysis. *World development*, 66, 49-68.
- Afful-Dadzie, E., Nabareseh, S., Oplatková, Z. K., & Klímek, P. (2016). Model for assessing quality of online health information: A fuzzy VIKOR based method. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 23(1-2), 49-62.

- Ahmad, M. S., Siddiqui, M. W., Ahmad, M. S., & Siddiqui, M. W. (2015). Mode of Transportation of Fresh Produce. *Postharvest Quality Assurance of Fruits: Practical Approaches for Developing Countries*, 217-224.
- Ahumada, O., & Villalobos, J. R. (2011). Operational model for planning the harvest and distribution of perishable agricultural products. *International Journal of Production Economics*, 133(2), 677-687.
- Aiello, G., La Scalia, G. and Micale, R. (2012). Simulation Analysis of Cold Chain Performance Based on Time-Temperature Data. *Production Planning & Control*, Vol. 23(6), pp. 468-476.
- Akinsemolu, A. A., & Onyeaka, H. N. (2024). Microorganisms Associated with Food Spoilage and Foodborne Diseases. In *Food Safety and Quality in the Global South* (pp. 489-531). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Akram, H. W., Akhtar, S., Ahmad, A., Anwar, I., & Sulaiman, M. A. B. A. (2023). Developing a conceptual framework model for effective perishable food cold-supply-chain management based on structured literature review. *Sustainability*, 15(6), 4907.
- Al-Dairi, M., Pathare, P. B., Al-Yahyai, R., & Opara, U. L. (2022). Mechanical damage of fresh produce in postharvest transportation: Current status and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 124, 195-207.
- Alguliyev, R. M., Aliguliyev, R. M., & Mahmudova, R. S. (2015). Multicriteria personnel selection by the modified fuzzy VIKOR method. *The Scientific World Journal*, 2015(1), 612767.
- Ali, I., Nagalingam, S., & Gurd, B. (2018). A resilience model for cold chain logistics of perishable products. *The International Journal of Logistics Management*, 29(3), 922-941.

- Ali, I., Nagalingam, S., & Gurd, B. (2018). A resilience model for cold chain logistics of perishable products. *The International Journal of Logistics Management*, 29(3), 922-941.
- Ali, Y., Shah, Z. A., & Khan, A. U. (2018). Post-terrorism image recovery of tourist destination: A qualitative approach using Fuzzy-VIKOR. *Journal of Tourism Analysis: Revista de Análisis Turístico*, 25(2), 129-153.
- Alliance, G. C. C. (2016). Kenya cold chain assessment.
- Al-Mawali, H., Obeidat, Z. M., Alshurafat, H., & Al Shbail, M. O. (2023). Identifying and ranking the critical success factors of fintech adoption: a fuzzy DEMATEL approach. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, (ahead-of-print).
- Amicarelli, V., Lagioia, G., & Bux, C. (2021). Global warming potential of food waste through the life cycle assessment: An analytical review. *Environmental Impact Assessment Review*, 91, 106677.
- Amorim, P. and Almada-Lobo, B. (2014). The Impact of Food Perishability Issues in the Vehicle Routing Problem. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 67, pp. 223-233.
- Amorim, P., Meyr, H., Almeder, C., & Almada-Lobo, B. (2013). Managing perishability in production-distribution planning: A discussion and review. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25(3), 389-413.
- Andrews, C. (2020), "Countries that waste the most food", available at: <https://247wallst.com/specialreport/2019/09/10/countries-that-waste-the-most-food/4/>.
- Angreani, L. S., Vijaya, A., & Wicaksono, H. (2023, December). Evaluating the interrelationships of driving factors of industry 4.0 maturity models in developing countries using fuzzy DEMATEL. In *2023 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1662-1666). IEEE.

- Aramyan, L. H., Lansink, A. G. O., Van Der Vorst, J. G., & Van Kooten, O. (2007). Performance measurement in agri-food supply chains: a case study. *Supply chain management: an international Journal*, 12(4), 304-315.
- Arora, M., Kumar, R., Bangwal, D., Ahmad, V., & Negi, S. (2023). An empirical study of cold chain issues and performance: Applying structural equation modeling. *Journal of Food Process Engineering*, 46(12), e14439.
- Artuso, P., Rossetti, A., Minetto, S., Marinetti, S., Moro, L., & Col, D. D. (2019). Dynamic modeling and thermal performance analysis of a refrigerated truck body during operation. *International Journal of Refrigeration*, 99, 288–299. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2018.12.014>
- Asadi, G., & Hosseini, E. (2014). Cold supply chain management in processing of food and agricultural products. *Sci. Pap. Ser. D Anim. Sci*, 57, 223-227.
- Ashrae (2014). *Handbook of Refrigeration*, ASHRAE, Inc., Atlanta, USA
- ASIA, S. C. I. S. (2011). *Packaging in Fresh Produce Supply Chains in Southeast Asia*. RAP PUBLICATION, 20.
- Aung MM, Chang YS (2014) Traceability in a food supply chain: safety and quality perspectives. *Food Control* 39:172–184
- Awad, M., Ndiaye, M., & Osman, A. (2020). Vehicle routing in cold food supply chain logistics: a literature review. *The International Journal of Logistics Management*, 32(2), 592-617.
- Aworh, O. C. (2021). Food safety issues in fresh produce supply chain with particular reference to sub-Saharan Africa. *Food Control*, 123, 107737.
- Ayouni, S., Menzli, L. J., Hajjej, F., Maddeh, M., & Al-Otaibi, S. (2021). Fuzzy Vikor application for learning management systems evaluation in higher education.

International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE), 17(2), 17-35.

Babazadeh, R., & Sabbaghnia, A. (2018). Evaluating the performance of robust and stochastic programming approaches in a supply chain network design problem under uncertainty. *International Journal of Advanced Operations Management*, 10(1), 1-18.

Badia-Melis, R., Mc Carthy, U., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J., & Villalba, J. R. (2018). New trends in cold chain monitoring applications-A review. *Food Control*, 86, 170-182.

Badraoui, I., van der Lans, I., Boulaksil, Y., & Van der Vorst, J. G. (2022). Antecedents of horizontal logistics collaboration in agri-food supply chains. *The International Journal of Logistics Management*, 33(1), 239-260.

Balin, A., Şener, B., & Demirel, H. (2020). Application of fuzzy VIKOR method for the evaluation and selection of a suitable tugboat. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 234(2), 502-509.

Bamakan, S. M. H., Moghaddam, S. G., & Manshadi, S. D. (2021). Blockchain-enabled pharmaceutical cold chain: Applications, key challenges, and future trends. *Journal of Cleaner Production*, 302, 127021.

Basumatary, B., Wary, N., Khaklary, J. K., & Garg, H. (2022). Fuzzy VIKOR approach to identify COVID-19 vulnerability region to control third wave in Assam, India. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 43(4), 4555-4564.

Baş, H., Ersin, İ., & Kalkavan, H. (2024). Determining the effect levels of augmented decent work criteria in sustainable economic development with the fuzzy DEMATEL method. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1-14.

- Behzadi, G., O'Sullivan, M.J., Olsen, T.L. and Zhang, A. (2018), "Agribusiness supply chain risk management: a review of quantitative decision models", *Omega*, Vol. 79, pp. 21-42.
- Berry, E. M., Dernini, S., Burlingame, B., Meybeck, A., & Conforti, P. (2015). Food security and sustainability: can one exist without the other?. *Public health nutrition*, 18(13), 2293-2302.
- Berry, T. M., Defraeye, T., Shrivastava, C., Ambaw, A., Coetzee, C., & Opara, U. L. (2022). Designing ventilated packaging for the fresh produce cold chain. *Food and Bioprocess Technology*, 134, 121-149.
- Bhalaji, R. K. A., Bathrinath, S., & Saravanasankar, S. (2021). A Fuzzy VIKOR method to analyze the risks in lean manufacturing implementation. *Materials Today: Proceedings*, 45, 1294-1299.
- Bhatnagar, A., Vrat, P., & Shankar, R. (2019). Multi-criteria clustering analytics for agro-based perishables in cold-chain. *Journal of Advances in Management Research*, 16(4), 563-593.
- Birkmaier, A., Imeri, A., & Reiner, G. (2024). Improving supply chain planning for perishable food: data-driven implications for waste prevention. *Journal of Business Economics*, 1-36.
- Bishara, R. H. (2006). Cold chain management—an essential component of the global pharmaceutical supply chain. *American Pharmaceutical Review*, 9(1), 105-109.
- Blackburn, J., & Scudder, G. (2009). Supply chain strategies for perishable products: the case of fresh produce. *Production and Operations Management*, 18(2), 129-137.
- Bloemhof, J. M., & Soysal, M. (2016). Sustainable food supply chain design. In *Sustainable supply chains: a research-based textbook on operations and strategy* (pp. 395-412). Cham: Springer International Publishing.
- Bogataj, M., Bogataj, L., & Vodopivec, R. (2005). Stability of perishable goods in cold logistic chains. *International journal of production economics*, 93, 345-356.

- Bottani, E., Murino, T., Schiavo, M., & Akkerman, R. (2019). Resilient food supply chain design: Modelling framework and metaheuristic solution approach. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 177-198.
- Brenner, V. (2015). *Causes of supply chain disruptions: An empirical analysis in cold chains for food and pharmaceuticals*. Springer.
- Brosnan, T., & Sun, D. W. (2001). Precooling techniques and applications for horticultural products—a review. *International Journal of Refrigeration*, 24(2), 154-170.
- Bruinsma, J. (2017). *World agriculture: towards 2015/2030: an FAO study*. Routledge.
- Brzozowska, A., Brzeszczak, A., Imiołczyk, J., & Szymczyk, K. (2016, June). Managing cold supply chain. In *5th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT 2016)*.
- Cardoso, B., Cunha, L., Leiras, A., Gonçalves, P., Yoshizaki, H., de Brito Junior, I., & Pedroso, F. (2021). Causal impacts of epidemics and pandemics on food supply chains: a systematic review. *Sustainability*, 13(17), 9799.
- Casino, F., Kanakaris, V., Dasaklis, T. K., Moschuris, S., & Rachaniotis, N. P. (2019). Modeling food supply chain traceability based on blockchain technology. *Ifac-Papersonline*, 52(13), 2728-2733.
- Castro, J. A. O., & Jaimes, W. A. (2017). Dynamic impact of the structure of the supply chain of perishable foods on logistics performance and food security. *Journal of industrial engineering and management*, 10(4), 687-710.
- Centobelli, P., Cerchione, R., & Ertz, M. (2021). Food cold chain management: what we know and what we deserve. *Supply Chain Management: An International Journal*, 26(1), 102-135.

- Cerchione, R., Singh, R., Centobelli, P., & Shabani, A. (2018). Food cold chain management: From a structured literature review to a conceptual framework and research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 29(3), 792-821.
- Cevikbas, M., Okudan, O., & Işık, Z. (2023). Determination of the Most Appropriate Alternative Dispute Resolution Methods for Airport Projects: A Fuzzy VIKOR Approach. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 27(8), 3192-3203.
- Chaghooshi, A., Arab, A., & Dehshiri, S. (2016). A fuzzy hybrid approach for project manager selection. *Decision Science Letters*, 5(3), 447-460.
- Chai, J. (2016). Study On Route Optimization Of Cold Chain Logistics Of Fresh Food. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 8(2).
- Chai, J. (2016). STUDY ON ROUTE OPTIMIZATION OF COLD CHAIN LOGISTICS OF FRESH FOOD. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, 8(2).
- Chan, F. T., Wang, Z. X., Goswami, A., Singhania, A., & Tiwari, M. K. (2020). Multi-objective particle swarm optimisation based integrated production inventory routing planning for efficient perishable food logistics operations. *International Journal of Production Research*, 58(17), 5155-5174.
- Chang, B., Chang, C. W., & Wu, C. H. (2011). Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert systems with Applications*, 38(3), 1850-1858.
- Chang, T. H. (2014). Fuzzy VIKOR method: A case study of the hospital service evaluation in Taiwan. *Information Sciences*, 271, 196-212.
- Chang, T. H. (2014). Fuzzy VIKOR method: A case study of the hospital service evaluation in Taiwan. *Information Sciences*, 271, 196-212.
- Chaudhuri, A., Dukovska-Popovska, I., Subramanian, N., Chan, H. K., & Bai, R. (2018). Decision-making in cold chain logistics using data analytics: a literature review. *The International Journal of Logistics Management*, 29(3), 839-861.

- Chavalala, M. M., Bag, S., Pretorius, J. H. C., & Rahman, M. S. (2022). A multi-method study on the barriers of the blockchain technology application in the cold supply chains. *Journal of Enterprise Information Management*, 37(2), 745-776.
- CHEN, Chen-Tung. (2000), "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 114, pp. 1-9.
- Chen, H. K., Hsueh, C. F., & Chang, M. S. (2009). Production scheduling and vehicle routing with time windows for perishable food products. *Computers & operations research*, 36(7), 2311-2319.
- Chen, H., Wang, W., Jia, L., & Wang, H. (2024). Research on time-varying path optimization for multi-vehicle type fresh food logistics distribution considering energy consumption. *Scientific Reports*, 14(1), 27068.
- Chen, J., Xu, S., Chen, H., Zhao, C., & Xue, K. (2020, May). Research on optimization of food cold chain logistics distribution route based on internet of things. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1544, No. 1, p. 012086). IOP Publishing.
- Chen, L. Y., & Wang, T. C. (2009). Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal of production economics*, 120(1), 233-242.
- Chen, Q., Qian, J., Yang, H., & Wu, W. (2022). Sustainable food cold chain logistics: From microenvironmental monitoring to global impact. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(5), 4189-4209.
- Chen, S., Wang, Y., Han, S., & Lim, M. K. (2023). Evaluation of fresh food logistics service quality using online customer reviews. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 26(8), 917-933.
- Chen, X., Wu, S., Wang, X., & Li, D. (2019). Optimal pricing strategy for the perishable food supply chain. *International Journal of Production Research*, 57(9), 2755-2768.

- Chermala, A., Acharya, P., & Singh, R. K. (2024). Cold chain logistics performance: a framework. *Measuring Business Excellence*, 29(1), 55-75.
- Chitrakar, B., Zhang, M., & Bhandari, B. (2021). Improvement strategies of food supply chain through novel food processing technologies during COVID-19 pandemic. *Food Control*, 125, 108010.
- Chopra, A., Sachdeva, A., & Bhardwaj, A. (2022). Selection of appropriate maintenance strategy using fuzzy VIKOR technique: application in paper industry. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(5), 1226-1248.
- Coles, P. S., Ramos, E., Chavez, M., & Hazen, B. (2023, August). Measuring Agri-Food Supply Chain Performance: Insights from the Peruvian Kiwicha Industry. In 2023 ASHS Annual Conference. ASHS.
- Costa, J.M.C. and Clemente, E. (2012), “Refrigeration and cold chain effect on fruit shelf life”, *Advances Fruit Processing Technologies*, CRC Press, Boca Taton, pp. 287-330.
- Crimmins, A., Auclair, A., DeGrasse, S., Garofalo, J. F., Khan, A. S., . . . Walls, I. (2016). Ch. 7: Food Safety, Nutrition, and Distribution The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment (pp. 189–216). Washington, DC: U.S. Global Change Research Program.
- Cruz Introini, S., Boza, A., & Alemany Díaz, M. D. M. (2018). Traceability in the Food Supply Chain: Review of the literature from a technological perspective. *Dirección y Organización*, 64, 50-55.
- Çelik, M. T., & Arslankaya, S. (2023). Analysis of quality control criteria in an business with the fuzzy DEMATEL method: Glass business example. *Journal of Engineering Research*, 11(2), 100039.
- Çoban, V., & Çakır, G. (2024). Yalın üretim sistemlerinde risk analizi: bulanık vikor yöntemi ile seramik firmasında bir uygulama. *Endüstri Mühendisliği*, 35(1), 61-91.

- Dabbene F, Gay P, Tortia C (2014) Traceability issues in food supply chain management: a review. *Biosyst Eng* 120:65–80
- Dai, J., Che, W., Lim, J. J., & Shou, Y. (2020). Service innovation of cold chain logistics service providers: A multiple-case study in China. *Industrial Marketing Management*, 89, 143-156.
- Dasaklis, T. K., Casino, F., & Patsakis, C. (2019, May). Defining granularity levels for supply chain traceability based on IoT and blockchain. In *Proceedings of the international conference on omni-layer intelligent systems* (pp. 184-190).
- de Moraes, C. C., de Oliveira Costa, F. H., da Silva, A. L., da Silva César, A., Delai, I., & Pereira, C. R. (2022). Causes and prevention practices of food waste in fruit and vegetable supply chains: How is Brazil dealing with these issues?. *Waste Management*, 154, 320-330.
- Defraeye, T., Cronje, P., Berry, T., Opara, U. L., East, A., Hertog, M., Verboven, P., and Nicolai, B. (2015). Towards Integrated Performance Evaluation of Future Packaging for Fresh Produce in the Cold Chain. *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 44(2), pp. 201-225.
- Defraeye, T., Nicolai, B., Kirkman, W., Moore, S., van Niekerk, S., Verboven, P., & Cronjé, P. (2016). Integral performance evaluation of the fresh-produce cold chain: A case study for ambient loading of citrus in refrigerated containers. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 1-13.
- Defraeye, T., Tagliavini, G., Wu, W., Prawiranto, K., Schudel, S., Kerisima, M. A., ... & Bühlmann, A. (2019). Digital twins probe into food cooling and biochemical quality changes for reducing losses in refrigerated supply chains. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 778-794.

- Dehghannya, J., Ngadi, M., & Vigneault, C. (2010). Mathematical modeling procedures for airflow, heat and mass transfer during forced convection cooling of produce: a review. *Food Engineering Reviews*, 2, 227-243.
- del Aguila, I. N., & de Burgos Jiménez, J. (2023). Analysis Of Last-Mile Logistics In Short Agri-Food Supply Chains. *Business Logistics in Modern Management*, 153.
- Do, M. H., & Huang, Y. F. (2022). Evaluation of parameters for the sustainable supply chain management: a Taiwanese fresh-fruit sector. *AIMS Environmental Science*, 9(1).
- Dupont, J. L., Domanski, P., Lebrun, P., & Ziegler, F. (2024). The role of refrigeration in the global economy (2019). 38th Note on Refrigeration Technologies.
- Durán-Sandoval, D., Durán-Romero, G., & Uleri, F. (2023). How much food loss and waste do countries with problems with food security generate?. *Agriculture*, 13(5), 966.
- Ebner, C., Morgan, A., & Manuel, C. (2021). Packaging of perishable food products. *Food Safety and Quality-Based Shelf Life of Perishable Foods*, 105-134.
- Ebner, C., Morgan, A., & Manuel, C. (2021). Packaging of perishable food products. *Food Safety and Quality-Based Shelf Life of Perishable Foods*, 105-134.
- Elansari, A. M., Fenton, D. L., & Callahan, C. W. (2019). Precooling. In *Postharvest technology of perishable horticultural commodities* (pp. 161-207). Woodhead Publishing.
- Elansari, A.M., Yahia, E.M. & Siddiqui, W. 2019. Storage Systems. *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*, hlm. 401–437. Elsevier.:
- Escaler, M., & Teng, P. (2011). Mind the Gap’: Reducing Waste and Losses in the Food Supply Chain. *NTS Insight*, 10.
- Eski, Ö., & Araz, Ö. U. (2021). İyileştirme projelerinin bulanık vikor yöntemi ile değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 32(3), 473-495.

- F. Tian, "A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things," in Proceedings of the 2017 International conference on service systems and service management, pp. 1–6, IEEE, Dalian, July 2017.
- Fan, Y., Behdani, B., & Bloemhof-Ruwaard, J. M. (2020). Reefer logistics and cool chain transport: a systematic review and multi-actor system analysis of an un-explored domain. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 20(2), 1-35.
- Fan, Y., Behdani, B., & Bloemhof-Ruwaard, J. M. (2020). Refer logistics and cold chain transport: A systematic review and multi-actor system analysis of an un-explored domain. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 20(2), 1-35.
- FAO (2009), How to Feed the World in 2050. Background paper for High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050. Rome, FAO. (also available at http://www.fao.org/leadadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf)
- FAO (2011), Global food losses and food waste, <https://www.fao.org/4/mb060e/mb060e.pdf>
- FAO (2015), Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. Rome, FAO. (also available at <http://www.fao.org/3/a-i4068e.pdf>).
- FAO (2017), How close are we to Zero Hunger?, <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-security-nutrition/2017/en/>
- FAO, G. (2011). Global food losses and food waste—Extent, causes and prevention. *SAVE FOOD: An initiative on food loss and waste reduction*, 9, 2011.
- FAO, I. (2020), Food Loss and Waste Must Be Reduced for Greater Food Security and Environmental Sustainability, available at: <http://www.fao.org/news/story/en/item/1310271/icode/>

- FAO. (2018). Key facts on food loss and waste. Retrieved March 18, 2019, from <http://www.fao.org/savefood/resources/keyfindings/en/>.
- FAO. (2018). Key facts on food loss and waste. Retrieved May 13, 2022, from <http://www.fao.org/savefood/resources/keyfindings/en/>
- Feijoo, G. and Moreira, M.T. (2020), “Fostering environmental awareness towards responsible food consumption and reduced food waste in chemical engineering students”, *Education for Chemical Engineers*, Vol. 33, pp. 27-35.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. How to Feed the World in 2050. Geneva, 35 p. Online. www.fao.org/.../How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- Fung, F., Wang, H. S., & Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical journal*, 41(2), 88-95.
- Gabus, A., & Fontela, E. J. B. G. R. C. (1972). World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL. Battelle Geneva Research Center, Geneva, Switzerland, 1(8), 12-14.
- Gao, F., & Zhou, D. (2025). A novel decision-making approach for risk assessment of converter steelmaking process based on fuzzy DEMATEL method. *Alexandria Engineering Journal*, 115, 222-237.
- Gazi, K. H., Raisa, N., Biswas, A., Azizzadeh, F., & Mondal, S. P. (2025). Finding the most important criteria in women's empowerment for sports sector by pentagonal fuzzy DEMATEL methodology. *Spectrum of Decision Making and Applications*, 2(1), 28-52.
- Giménez, A., Ares, F., & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food research international*, 49(1), 311-325.

- Girubha, R. J., & Vinodh, S. (2012). Application of fuzzy VIKOR and environmental impact analysis for material selection of an automotive component. *Materials & Design*, 37, 478-486.
- Girubha, R. J., & Vinodh, S. (2012). Application of fuzzy VIKOR and environmental impact analysis for material selection of an automotive component. *Materials & Design*, 37, 478-486.
- Gitinavard, H., Mohagheghi, V., Mousavi, S. M., & Makui, A. (2024). A new bi-stage interactive possibilistic programming model for perishable logistics distribution systems under uncertainty. *Expert Systems with Applications*, 238, 122121.
- Gligor, D., Tan, A., & Nguyen, T. N. T. (2018). The obstacles to cold chain implementation in developing countries: insights from Vietnam. *The International Journal of Logistics Management*.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., ... & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *science*, 327(5967), 812-818.
- Goedhals-Gerber, L. L., & Khumalo, G. (2020). Identifying temperature breaks in the export cold chain of navel oranges: A Western Cape case. *Food control*, 110, 107013.
- Gomes, R. C., Sigahi, T. F., de Souza Pinto, J., Rampasso, I. S., Zanon, L. G., Serafim, M. P., ... & Anholon, R. (2024). Challenges in adopting energy management systems by Brazilian companies: A fuzzy DEMATEL approach. *International Journal of Sustainable Engineering*, 17(1), 965-975.
- Gómez, M. I., & Ricketts, K. D. (2013). Food value chain transformations in developing countries: Selected hypotheses on nutritional implications. *Food Policy*, 42, 139-150.
- Govindan, K., Jafarian, A., Khodaverdi, R., & Devika, K. (2014). Two-echelon multiple-vehicle location– routing problem with time windows for optimization of sustainable

- supply chain network of perishable food. *International Journal of Production Economics*, 152, 9–28.
- Göransson, M., Nilsson, F., & Jevinger, Å. (2018). Temperature performance and food shelf-life accuracy in cold food supply chains—Insights from multiple field studies. *Food Control*, 86, 332-341.
- Görçün, Ö. F., Aytekin, A., & Korucuk, S. (2023). Fresh food supplier selection for global retail chains via bipolar neutrosophic methodology. *Journal of Cleaner Production*, 419, 138156.
- Granillo-Macías, R., Gonzalez Hernandez, I. J., & Olivares-Benítez, E. (2024). Logistics 4.0 in the agri-food supply chain with blockchain: a case study. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 27(10), 1766-1786.
- Guan, P., Wood, L. C., Wang, J. X., & Duong, L. N. (2023). Barriers to blockchain adoption in the seaport industry: A fuzzy DEMATEL analysis. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(12), 20995-21031.
- Gustafsson, K., Jönson, G., Smith, D., & Sparks, L. (2006). *Retailing logistics and fresh food packaging: managing change in the supply chain*. Kogan Page Publishers.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). *Global food losses and food waste-FAO Report*. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations: Rome, Italy, 1-37.
- Han, J. W., Zhao, C. J., Qian, J. P., Ruiz-Garcia, L., & Zhang, X. (2018). Numerical modeling of forced-air cooling of palletized apple: Integral evaluation of cooling efficiency. *International Journal of Refrigeration*, 89, 131-141.
- Han, J. W., Zuo, M., Zhu, W. Y., Zuo, J. H., Lü, E. L., & Yang, X. T. (2021). A comprehensive review of cold chain logistics for fresh agricultural products: Current status, challenges, and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 536-551.

- Han, S., & Liu, X. (2021). Can imported cold food cause COVID-19 recurrent outbreaks? A review. *Environmental Chemistry Letters*, 1-11.
- Hassan, M. F. A., Ngah, A. H., & Tio, M. B. Y. (2023). Third-party logistics intention to provide cold transportation services. The mediating effect of top management support and organizational readiness in TOE framework. *OPSEARCH*, 60(4), 1603-1625.
- He, Z., Zhu, X., & Li, J. (2015). Modeling and simulation for the operation process of cold-chain logistics distribution center based on flexsim. In *LISS 2013: Proceedings of 3rd International Conference on Logistics, Informatics and Service Science* (pp. 277-282). Springer Berlin Heidelberg.
- Hodges, R. J., Buzby, J. C., & Bennett, B. (2011). Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *The Journal of Agricultural Science*, 149(S1), 37-45.
- Hosseini, S. M., Paydar, M. M., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2021). Recovery solutions for ecotourism centers during the Covid-19 pandemic: Utilizing Fuzzy DEMATEL and Fuzzy VIKOR methods. *Expert Systems with Applications*, 185, 115594.
- Hsiao, Y. H., Chen, M. C., & Chin, C. L. (2017). Distribution planning for perishable foods in cold chains with quality concerns: Formulation and solution procedure. *Trends in food science & technology*, 61, 80-93.
- Hsiao, Y. H., Chen, M. C., Lu, K. Y., & Chin, C. L. (2018). Last-mile distribution planning for fruit-and-vegetable cold chains. *The International Journal of Logistics Management*, 29(3), 862-886.
- Hu, X., Xie, J., Yan, A., Chen, Z., Li, Y., Zhai, P., & Davarpanah, A. (2025). Evaluating the potential of depleted gas reservoirs for carbon storage: A comprehensive fuzzy DEMATEL assessment of influential factors. *Fuel*, 393, 134986.
- International Air Transport Association (IATA). (2022). *Perishables Logistics and Air Transport.I*

- Irfan, M., Rauniyar, A., Hu, J., Singh, A. K., & Chandra, S. S. (2024). Modeling barriers to the adoption of metaverse in the construction industry: An application of fuzzy-DEMATEL approach. *Applied Soft Computing*, 167, 112180.
- Ishangulyyev, R., Kim, S., & Lee, S. H. (2019). Understanding food loss and waste—why are we losing and wasting food?. *Foods*, 8(8), 297.
- Jedermann, R., Nicometo, M., Uysal, I., & Lang, W. (2014). Reducing food losses by intelligent food logistics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2017), 20130302.
- Jedermann, R., Praeger, U., Geyer, M. and Lang, W. (2014), “Remote quality monitoring in the banana chain”, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, Vol. A372, pp. 1-21.
- Jian, S., & Jing, Z. (2015). Evaluation of core competence of cold-chain logistics enterprises based on FCE model. *The Open Cybernetics & Systemics Journal*, 9(1).
- Jian, Y., Hong, Y., Zhou, Z., Sun, Z., & Sun, Z. (2024, July). Application of Temperature-Controlled Crawfish Optimization Algorithm in the Multimodal Transportation Path Optimization of Cold Chain Logistics. In *2024 43rd Chinese Control Conference (CCC)* (pp. 2094-2099). IEEE.
- Jie, L. (2010). Issues of food-related cold-chain logistics management in China. In *2010 International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management (ICLSIM)*.
- Joshi, R., Banwet, D. K., & Shankar, R. (2009). Indian cold chain: modeling the inhibitors. *British Food Journal*, 111(11), 1260-1283.
- Joshi, R., Banwet, D. K., Shankar, R., & Gandhi, J. (2012). Performance improvement of cold chain in an emerging economy. *Production Planning & Control*, 23(10-11), 817-836.

- Joshi, R., Banwet, D., & Shankar, R. (2011). A Delphi-AHP-TOPSIS based benchmarking framework for performance improvement of a cold chain. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10170–10182.
- Kaipia, R., Dukovska-Popovska, I., & Loikkanen, L. (2013). Creating sustainable fresh food supply chains through waste reduction. *International journal of physical distribution & logistics management*, 43(3), 262-276.
- Kısa, C. G., & Perçin, S. (2017). Bütünleşik Bulanık DEMATEL-Bulanık VIKOR yaklaşımının makine seçimi problemine uygulanması. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 12(48), 249-256.
- Kim, K., Kim, H., Kim, S. K., & Jung, J. Y. (2016). i-RM: An intelligent risk management framework for context-aware ubiquitous cold chain logistics. *Expert Systems with Applications*, 46, 463-473.
- Kitinoja, L. (2013). Use of cold chains for reducing food losses in developing countries. *Population*, 6(1.23), 5-60.
- Kittipanya-Ngam, P., & Tan, K. H. (2020). A framework for food supply chain digitalization: lessons from Thailand. *Production Planning & Control*, 31(2-3), 158-172.
- Koppiahraj, K., Bathrinath, S., & Saravanasankar, S. (2021). A fuzzy VIKOR approach for selection of ergonomic assessment method. *Materials Today: Proceedings*, 45, 640-645.
- Kreyenschmidt, J., Hübner, A., Beierle, E., Chonsch, L., Scherer, A., and Petersen, B. (2010). Determination of the Shelf Life of Sliced Cooked Ham Based on the Growth of Lactic Acid Bacteria in Different Steps of the Chain. *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 108(2), pp. 510-520.
- Kshetri N (2018) Blockchain's roles in meeting key supply chain management objective. *Int J Inf Manag* 39:80–89

- Kumar, A., Mangla, S. K., Kumar, P., & Karamperidis, S. (2020). Challenges in perishable food supply chains for sustainability management: A developing economy perspective. *Business Strategy and the Environment*, 29(5), 1809-1831.
- Kumar, N., Tyagi, M., & Sachdeva, A. (2023). A sustainable framework development and assessment for enhancing the environmental performance of cold supply chain. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 34(4), 1077-1110.
- Kumar, R., Ganapathy, L., Gokhale, R. and Tiwari, M.K. (2020), “Quantitative approaches for the integration of production and distribution planning in the supply chain: a systematic literature review”, *International Journal of Production Research*, Vol. 58 No. 11, pp. 1-27.
- Kuo, J. C., & Chen, M. C. (2010). Developing an advanced multi-temperature joint distribution system for the food cold chain. *Food control*, 21(4), 559-566.
- Kuzu, A. C. (2023). Application of fuzzy DEMATEL approach in maritime transportation: A risk analysis of anchor loss. *Ocean Engineering*, 273, 113786.
- Laguerre, O., Duret, S., Chaomuang, N., Denis, A., Derens-Bertheau, E., Mawilai, P., ... & Pornchaloempong, P. (2023). Influence of long-distance air transport conditions on horticultural product quality: Case study of fresh mango shipment from Thailand to France. *International Journal of Refrigeration*, 152, 16-25.
- Lam, W. S., Lam, W. H., Jaaman, S. H., & Liew, K. F. (2021). Performance evaluation of construction companies using integrated entropy–fuzzy VIKOR model. *Entropy*, 23(3), 320.
- Lee, G., Jun, K. S., & Cung, E. (2014). Group decision-making approach for flood vulnerability identification using the fuzzy VIKOR method. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 2(9), 6141-6171.

- Lejarza, F., & Baldea, M. (2022). An efficient optimization framework for tracking multiple quality attributes in supply chains of perishable products. *European Journal of Operational Research*, 297(3), 890-903.
- Li, N., & Li, G. (2022). Hybrid partheno-genetic algorithm for multi-depot perishable food delivery problem with mixed time windows. *Annals of Operations Research*, 1-32.
- Li, S., & Kim, Y. J. (2024). Regional efficiency analysis of fresh food cold chain logistics in China based on three-stage DEA model. *Journal of International Logistics and Trade*, 22(4), 158-180.
- Li, X., Wu, W., Li, K., Ren, X., & Wang, Z. (2022). Experimental study on a wet precooling system for fruit and vegetables with ice slurry. *International Journal of Refrigeration*, 133, 9-18.
- Li, Y., & Liu, X. (2020). Analysis on the influencing factors of the green supply chain performance of fresh agricultural products under the cloud logistics model. *Industrial Engineering and Innovation Management*, 3(1), 69-73.
- Liao, J., Tang, J., Vinelli, A., & Xie, R. (2023). A hybrid sustainability performance measurement approach for fresh food cold supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 398, 136466.
- Lim, M. K., Li, Y., Wang, C., & Tseng, M. L. (2022). Prediction of cold chain logistics temperature using a novel hybrid model based on the mayfly algorithm and extreme learning machine. *Industrial management & data systems*, 122(3), 819-840.
- Lim, M. K., Li, Y., Wang, C., & Tseng, M. L. (2022). Prediction of cold chain logistics temperature using a novel hybrid model based on the mayfly algorithm and extreme learning machine. *Industrial management & data systems*, 122(3), 819-840.
- Lim, M.K., Li, Y., Wang, C. and Tseng, M.-L. (2022), "Prediction of cold chain logistics temperature using a novel hybrid model based on the mayfly algorithm and extreme

- learning machine", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2021-0607>
- Lin, X. H., Feng, Y. X., Tan, J. R., & An, X. H. (2011). A hybrid fuzzy DEMATEL-VIKOR method for product concept evaluation. *Advanced Materials Research*, 186, 230-235.
- Liu, C., & Hou, P. (2024). Dynamic modelling of cold chain logistics services under budget constraints for the delivery of fresh products in an urban area. *Applied Mathematical Modelling*, 125, 809-835.
- Liu, G. (2014). Food losses and food waste in China: a first estimate, OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers No. 66. https://www.oecd-ilibrary.org/food-losses-and-food-waste-in-china_5jz5sq5173lq.pdf
- Liu, H. (2023). Research on the mechanism and efficiency of agricultural products logistics transportation based on big data (Retraction of Vol 115, Pg 33, 2022).
- Liu, P., & Wang, S. (2020). Evolutionary game analysis of cold chain logistics outsourcing of fresh food enterprises with operating risks. *IEEE Access*, 8, 127094-127103.
- Liu, Z., Huang, N., Han, C., Yang, M., Zhao, Y., Sun, W., ... & Shi, L. (2024). An optimal decision for fresh products' cold chain considering freshness and carbon emission reduction. *British Food Journal*, 126(6), 2477-2499.
- Loi, N. T., Hoa, H. T. T., & Danh, N. T. (2024). Factors Affecting the Development of a Logistics Service Chain for Agricultural Products in the Mekong Delta, Vietnam. *Transportation Research Procedia*, 80, 127-136.
- Luo, R., & Deng, Q. (2024). Integrating K-Domain and Robust Optimization Methods of Inventory Control for Sustainable Enterprises in Perishable Food Supply Chain. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 8(1), 21-38.

- Ma, S., Dan, B., Li, M., & Zhou, M. (2024). To be traceable and responsive: blockchain adoption and information sharing in a fresh produce supply chain. *International Transactions in Operational Research*, 31(6), 4174-4198.
- Macheka, L., Spelt, E., van der Vorst, J. G., & Luning, P. A. (2017). Exploration of logistics and quality control activities in view of context characteristics and postharvest losses in fresh produce chains: A case study for tomatoes. *Food Control*, 77, 221-234.
- Magalhães, V. S., Ferreira, L. M. D., & Silva, C. (2019). Causes of food loss and waste: An analysis along the food supply chain. *Industrial Engineering and Operations Management I: XXIV IJCIEOM*, Lisbon, Portugal, July 18–20 24, 173-182.
- Magalhães, V. S., Ferreira, L. M. D., & Silva, C. (2019). Causes of food loss and waste: An analysis along the food supply chain. *Industrial Engineering and Operations Management I: XXIV IJCIEOM*, Lisbon, Portugal, July 18–20 24, 173-182.
- Mahajan, P. V., Caleb, O. J., Singh, Z., Watkins, C. B., & Geyer, M. (2014). Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2017), 20130309.
- Mai, N. T. T., Margeirsson, B., Margeirsson, S., Bogason, S. G., Sigurgísladóttir, S., & Arason, S. (2012). Temperature mapping of fresh fish supply chains—air and sea transport. *Journal of food process engineering*, 35(4), 622-656.
- Maruchek, A., Greis, N., Mena, C., & Cai, L. (2011). Product safety and security in the global supply chain: Issues, challenges and research opportunities. *Journal of operations management*, 29(7-8), 707-720.
- Mercier, S., Mondor, M., McCarthy, U., Villeneuve, S., Alvarez, G., & Uysal, I. (2019). Optimized cold chain to save food. *Saving food*, 203-226.
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & Uysal, I. (2017). Time–temperature management along the food cold chain: A review of recent developments. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4), 647-667.

- Miao, X., Pan, S., & Chen, L. (2023). Optimization of perishable agricultural products logistics distribution path based on IACO-time window constraint. *Intelligent Systems with Applications*, 20, 200282.
- Millard, P., Paine, S., O'Hagan, S., & Hipkiss, J. (2015). Traceability of allergenic foods in the food chain. In *Handbook of Food Allergen Detection and Control* (pp. 19-40). Woodhead Publishing.
- Mingfei, L., & Ting, Y. (2011, July). The cold chain logistics performance evaluation on sideline products based on data envelopment analysis. In *2011 International Conference on Product Innovation Management (ICPIM 2011)* (pp. 371-374). IEEE.
- Mirabelli, G., & Solina, V. (2022). Optimization strategies for the integrated management of perishable supply chains: A literature review. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 15(1), 58-91.
- Montanari, R. (2008). Cold chain tracking: a managerial perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 19(8), 425-431.
- Murthy, D. S., Gajanana, T. M., Sudha, M., & Dakshinamoorthy, V. (2009). Marketing and post-harvest losses in fruits: its implications on availability and economy. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 64(2).
- Musavi, M., & Bozorgi-Amiri, A. (2017). A multi-objective sustainable hub location-scheduling problem for perishable food supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 113, 766-778.
- Nakandala, D., Lau, H., & Zhang, J. (2016). Cost-optimization modelling for fresh food quality and transportation. *Industrial Management & Data Systems*, 116(3), 564-583.
- Nakat Z, Bou-Mitri C (2021) COVID-19 and the food industry: readiness assessment. *Food Control* 121:107661. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107661>

- Ndraha, N., Vlajic, J., Chang, C. C., & Hsiao, H. I. (2020). Challenges with food waste management in the food cold chains. In *Food industry wastes* (pp. 467-483). Academic Press.
- Negi, S. and Anand, N. (2015), "Issues and challenges in the supply chain of fruits & vegetables sector in India: a review", *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, Vol. 6 No. 2, pp. 47-62
- Negi, S., & Anand, N. (2014). Supply chain efficiency: an insight from fruits and vegetables sector in India. *Journal of operations and supply chain management*, 7(2), 154-167.
- Negi, S., & Trivedi, S. (2021). Factors impacting the quality of fresh produce in transportation and their mitigation strategies: empirical evidence from a developing economy. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 11(2), 121-139.
- Nguyen, N. A. T., Wang, C. N., Dang, L. T. H., Dang, L. T. T., & Dang, T. T. (2022). Selection of cold chain logistics service providers based on a grey AHP and grey COPRAS framework: a case study in Vietnam. *Axioms*, 11(4), 154.
- Nguyen, P. A. H. (2019, July). Evaluating e-commerce design platforms by a fuzzy vikor approach. In *2019 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)* (pp. 397-400). IEEE.
- Nha Trang, N. T., Nguyen, T. T., Pham, H. V., Anh Cao, T. T., Trinh Thi, T. H., & Shahreki, J. (2022). Impacts of collaborative partnership on the performance of cold supply chains of agriculture and foods: literature review. *Sustainability*, 14(11), 6462.
- Niu, H., Liu, X., Wang, B., & Shi, W. (2024). Development, research and policy status of logistics cold storage in the context of carbon neutrality: An overview. *Energy and Buildings*, 114606.

- Oliveira Neto, G. C. D., Oliveira, J. C. D., & Librantz, A. F. H. (2017). Selection of logistic service providers for the transportation of refrigerated goods. *Production Planning & Control*, 28(10), 813-828.
- Onggo, B. S., Panadero, J., Corlu, C. G., & Juan, A. A. (2019). Agri-food supply chains with stochastic demands: A multi-period inventory routing problem with perishable products. *Simulation modelling practice and theory*, 97, 101970.
- Opricovic, S. (2011). Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12983-12990.
- Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European journal of operational research*, 156(2), 445-455.
- Orjuela Castro, J. A., Orejuela-Cabrera, J. P., & Adarme-Jaimes, W. (2021). Logistics network configuration for seasonal perishable food supply chains. *Journal of industrial engineering and management (JIEM)*, 14(2), 135-151.
- Orjuela-Castro, J. A., Orejuela-Cabrera, J. P., & Adarme-Jaimes, W. (2022). Multi-objective model for perishable food logistics networks design considering availability and access. *Opsearch*, 59(4), 1244-1270.
- Osvald, A., Stirn, L.Z., 2008. A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food. *J. Food Eng.* 85 (2), 285-295.
- Öztürk, F., & Kaya, G. K. (2020). Personnel selection with fuzzy VIKOR: an application in automotive supply industry. *Gazi University Science Journal: Part C Design and Technology*, 8(1), 94-108.
- Pahl, J. and Voß, S. (2014), "Integrating deterioration and lifetime constraints in production and supply chain planning: a survey", *European Journal of Operational Research*, Vol. 238 No. 3, pp. 654-674.

- Pahl, J., & Voß, S. (2014). Integrating deterioration and lifetime constraints in production and supply chain planning: A survey. *European Journal of Operational Research*, 238(3), 654-674.
- Pal, A., & Kant, K. (2019). Internet of perishable logistics: Building smart fresh food supply chain networks. *IEEE Access*, 7, 17675-17695.
- Pang, X.H.; Ren, L.L.; Wu, S.S.; Ma, W.T.; Yang, J.; Di, L.; Li, J.; Xiao, Y.; Kang, L.; Du, S.C.; et al. Cold-chain food contamination as the possible origin of COVID-19 resurgence in Beijing. *Natl. Sci. Rev.* 2020, 7, 1861–1864
- Pang, Y., Pan, S., & Ballot, E. (2023). Robust optimization for perishable product distribution under uncertainty of multimodal transportation services. *IFAC-PapersOnLine*, 56(2), 7620-7625.
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365(1554), 3065-3081.
- Peng, B., Wang, Y., Zahid, S., Wei, G., & Elahi, E. (2020). Platform ecological circle for cold chain logistics enterprises: the value co-creation analysis. *Industrial Management & Data Systems*, 120(4), 675-691.
- Peng, B., Wang, Y., Zahid, S., Wei, G., & Elahi, E. (2020). Platform ecological circle for cold chain logistics enterprises: the value co-creation analysis. *Industrial Management & Data Systems*, 120(4), 675-691.
- Peng, J. (2019). Optimizing the transportation route of fresh food in cold chain logistics by improved genetic algorithms. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 10, 14.
- Phan, V. D. V., Huang, Y. F., Hoang, T. T., & Do, M. H. (2023). Evaluating barriers to supply chain resilience in Vietnamese SMEs: The fuzzy VIKOR approach. *Systems*, 11(3), 121.

- Pradeep, M., Elangovan, B. G., Sankaranarayanan, B., Priyanka, R., & Marimuthu, U. (2023). Analyzing the Barriers in the Seafood Packaging Industry using Fuzzy DEMATEL. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 104(6), 1151-1161.
- Prakash, G., Renold, A. P., & Venkatalakshmi, B. (2012). RFID based mobile cold chain management system for warehousing. *Procedia engineering*, 38, 964-969.
- Priyanka, R., Ravindran, K., Sankaranarayanan, B., & Ali, S. M. (2023). A fuzzy DEMATEL decision modeling framework for identifying key human resources challenges in start-up companies: Implications for sustainable development. *Decision Analytics Journal*, 6, 100192.
- Qiu, Y., & Zhao, X. (2019). Conceptual Model for the Taxonomy of Food Cold Chain Logistics Sprawl Patterns within Emerging Coastal Metropolitan Areas. *Journal of Coastal Research*, 94(SI), 863-866.
- Quezada, L. E., López-Ospina, H. A., Valenzuela, J. E., Oddershede, A. M., & Palominos, P. I. (2024). A method for formulating a manufacturing strategy using fuzzy DEMATEL and fuzzy VIKOR. *Engineering Management Journal*, 36(2), 147-163.
- Ramos, E., Coles, P. S., Chavez, M., & Hazen, B. (2022). Measuring agri-food supply chain performance: insights from the Peruvian kiwicha industry. *Benchmarking: An International Journal*, 29(5), 1484-1512.
- Ren, T., Ren, J., & Matellini, D. B. (2024). The Development of a Cold-Chain-Packaging Risk Management Model Based on Fuzzy Bayesian Network. *Applied Sciences*, 14(11), 4446.
- Rezaei, M. and Liu, B. (2017), Food Loss and Waste in the Food Supply Chain, *International Nut and Dried Fruit Council, Reus*, pp. 26-27.

- Rijkema, W., Rossi, R., & GAJ van der Vorst, J. (2014). Effective sourcing strategies for perishable product supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(6), 494-510
- Rizou, M., Galanakis, I. M., Aldawoud, T. M., & Galanakis, C. M. (2020). Safety of foods, food supply chain and environment within the COVID-19 pandemic. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 293–299
- Robertson, G. L. (2016). Packaging and food and beverage shelf life. In *The stability and shelf life of food* (pp. 77-106). Woodhead Publishing.
- Robinson, J. L., Thomas, R. W., & Manrodt, K. B. (2013). Food for thought in the transportation carrier-selection decision. *Transportation Journal*, 52(2), 277-296.
- Rodrigue, J. P. Comtois, C. & Slack, B. (2017). *The Geography of Transport Systems*. Abingdon: Routledge.
- Rodrigue, J. P., & Notteboom, T. (2014). Reefers in north american cold chain logistics: evidence from western Canadian supply chains. The Van Horne Institute, Calgary.
- Rodrigue, J. P., & Notteboom, T. (2014). The cold chain and its logistics. *The geography of transport systems*, 1, 288-310. https://transportgeography.org/?page_id56585 (accessed 27 July January 2024).
- Rossi, T., Pozzi, R., Pirovano, G., Cigolini, R., & Pero, M. (2021). A new logistics model for increasing economic sustainability of perishable food supply chains through intermodal transportation. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(4), 346-363.
- Rostamzadeh, R., Govindan, K., Esmaeili, A., & Sabaghi, M. (2015). Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices. *Ecological Indicators*, 49, 188-203.

- Roy, J., Pamučar, D., & Kar, S. (2020). Evaluation and selection of third party logistics provider under sustainability perspectives: an interval valued fuzzy-rough approach. *Annals of Operations Research*, 293, 669-714.
- Rukundo, R., & Irechukwu, E. N. (2024). Cold Chain Logistics Projects and Performance of Horticulture Export Companies in Rwanda: A Case of Horticulture Exporters Association of Rwanda (HEAR). *African Journal of Empirical Research*, 5(2), 281-292.
- Sakalli, B., Olgac, E., & Karasan, A. (2024, September). Site Selection with Fuzzy DEMATEL for a Post-Earthquake Temporary Shelter in Türkiye. In 2024 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic) (pp. 235-240). IEEE.
- Salin, V & Nayga, JRM 2003, 'A cold chain network for food exports to developing countries', *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 33, no. 10, pp. 918-33.
- Sapra, R., & Joshi, S. (2011). Cold Chain Logistics Sector Analysis Nov-Dec. Retrieved February, 4, 2014.
- Sarker, M. R., Islam, M., Marma, U. A. S., Alam, M. M., Shabur, M. A., & Rahman, M. S. (2024). Circular economy strategies: a fuzzy DEMATEL decision framework for the fast fashion footwear manufacture. *Discover Sustainability*, 5(1), 260.
- Segura, M., Maroto, C., & Segura, B. (2019). Quantifying the sustainability of products and suppliers in food distribution companies. *Sustainability*, 11(21), 5875.
- Shabani, A., Torabipourv, S. M. R., & Saen, R. F. (2015). A new super-efficiency dual-role FDH procedure: an application in dairy cold chain for vehicle selection. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 7(4), 426-456.

- Shaharudin, M. S., & Fernando, Y. (2024). Cold supply chain of leafy green vegetables: A social network analysis approach. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 15(4), 794-817.
- Shareef, M. A., Dwivedi, Y., Ahmed, J. U., Kumar, U., & Mahmud, R. (2022). Stakeholders conflict and private–public partnership chain (PPPC): supply chain of perishable product. *The International Journal of Logistics Management*, 33(4), 1218-1245.
- Sharma, M., Alkatheeri, H., Jabeen, F., & Sehrawat, R. (2022). Impact of COVID-19 pandemic on perishable food supply chain management: a contingent Resource-Based View (RBV) perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 33(3), 796-817.
- Shashi, S., Cerchione, R., Singh, R., Centobelli, P., & Shabani, A. (2018). Food cold chain management: From a structured literature review to a conceptual framework and research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 29(3), 792-821.
- Shashi, S., Cerchione, R., Singh, R., Centobelli, P., & Shabani, A. (2018). Food cold chain management: From a structured literature review to a conceptual framework and research agenda. *The International Journal of Logistics Management*.
- Shi, J., Zhang, J., & Qu, X. (2010). Optimizing distribution strategy for perishable foods using RFID and sensor technologies. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 25(8), 596-606.
- Shukla, M., & Jharkharia, S. (2013). Agri-fresh produce supply chain management: a state-of-the-art literature review. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(2), 114-158.
- Siddh, M. M., Soni, G., Jain, R., & Sharma, M. K. (2018). Structural model of perishable food supply chain quality (PFSCQ) to improve sustainable organizational performance. *Benchmarking: An International Journal*, 25(7), 2272-2317.

- Singh, M., Rath, R., Jaiswal, A., Manishbhai, S. D., Gupta, S. S., & Dewangan, A. (2023). Empirical analysis of Lean Six Sigma implementation barriers in healthcare sector using fuzzy DEMATEL approach: an Indian perspective. *The TQM Journal*, 35(8), 2367-2386.
- Singh, P. K., & Singh, A. K. (2025). Analyzing the Characteristics of Agri-Food 4.0 Acting as Stimuli to Sustainable Agriculture Supply Chain: A Fuzzy VIKOR Approach. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 1-12.
- Soto-Silva, W. E., González-Araya, M. C., Oliva-Fernández, M. A., & Plà-Aragónés, L. M. (2017). Optimizing fresh food logistics for processing: Application for a large Chilean apple supply chain. *Computers and electronics in agriculture*, 136, 42-57.
- Stenmarck, A., Jensen, C., Quested, T. and Moates, G. (2016), Estimates of European Food Waste Levels, FUSIONS EU, 1-81 Stockholm.
- Su, M., Woo, S. H., Chen, X., & Park, K. S. (2023). Identifying critical success factors for the agri-food cold chain's sustainable development: When the strategy system comes into play. *Business Strategy and the Environment*, 32(1), 444-461.
- Susanty, A., Bakhtiar, A., Puspitasari, N. B., Susanto, N., & Handjoyo, D. K. S. (2019). The performance of dairy supply chain in Indonesia: a system dynamics approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(6), 1141-1163.
- Swan M (2015) Blockchain: blueprint for a new economy. O'Reilly Media, Sebastopol
- Taghavifard, M. T., & Majidian, S. (2022). Identifying cloud computing risks based on firm's ambidexterity performance using fuzzy VIKOR technique. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 23(1), 113-133.
- Tang, Y. M., Chau, K. Y., Kuo, W. T., & Liu, X. X. (2024). IoT-based information system on cold-chain logistics service quality (ICCLSQ) management in logistics 4.0. *Information Systems Frontiers*, 26(2), 689-708.

- Tassou, S. A., De-Lille, G., & Ge, Y. T. (2009). Food transport refrigeration – approaches to reduce energy consumption and environmental impacts of road transport. *Applied Thermal Engineering*, 29, 1467–1477. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.06.027>
- Thi, T. H. H., Tang, M. H., & Nguyen, Q. L. (2022). Cold chain and food loss in the Vietnamese food chain. *Transportation Research Procedia*, 64, 44-52.
- Thyberg, K. L., & Tonjes, D. J. (2016). Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development. *Resources, Conservation and Recycling*, 106, 110-123.
- Tian, F. (2017, June). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things. In 2017 International conference on service systems and service management (pp. 1-6). IEEE.
- Tian, F., Taudes, A., Yang, C., & Deng, A. (2015, June). Evaluation research on performance of Chinese agri-food cold-chain logistics company. In 2015 12th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM) (pp. 1-6). IEEE.
- Tong, S., Nie, B., Li, Z., Li, C., Zou, B., Jiang, L., ... & Ding, Y. (2021). A phase change material (PCM) based passively cooled container for integrated road-rail cold chain transportation—an experimental study. *Applied Thermal Engineering*, 195, 117204.
- Trienekens, J., & Zuurbier, P. (2008). Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. *International journal of production economics*, 113(1), 107-122.
- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., Lam, H. Y., & Koo, P. S. (2017). An IoT-based cargo monitoring system for enhancing operational effectiveness under a cold chain environment. *International Journal of Engineering Business Management*, 9, 1847979017749063.

- Tsang, Y. P., Choy, K. L., Wu, C. H., Ho, G. T. S., Lam, H. Y., & Tang, V. (2018). An intelligent model for assuring food quality in managing a multi-temperature food distribution centre. *Food control*, 90, 81-97.
- Tsolakis, N. K., Keramydas, C. A., Toka, A. K., Aidonis, D. A., & Iakovou, E. T. (2014). Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. *Biosystems engineering*, 120, 47-64.
- Tuljak Suban, D., & Suban, V. (2015). Influence of transportation mode to the deterioration rate: Case study of food transport by ship. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 9, 37-42.
- Uday, R. M., Salman, S., Karim, M. R., Salan, M. S. A., Islam, M., & Shahriar, M. (2023). Assessing the barriers to lean manufacturing adoption in the furniture industry of Bangladesh: a fuzzy-DEMATEL study. *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management*, (ahead-of-print).
- Vahabzadeh, A. H., Asiaei, A., & Zailani, S. (2015). Green decision-making model in reverse logistics using FUZZY-VIKOR method. *Resources, Conservation and Recycling*, 103, 125-138.
- Var, Ö., Durmuşoğlu, A., & Dereli, T. (2025). A new strategy for constructing alternative consumer confidence indexes to explain household consumption: A fuzzy DEMATEL approach. *Heliyon*, 11(2).
- Vega, H., & Button, K. (2023). The role of freight airlines in the developing world. In *Airlines and Developing Countries* (pp. 235-252). Emerald Publishing Limited.
- Verdouw, C. N., Robbemon, R. M., Verwaart, T., Wolfert, J., & Beulens, A. J. (2018). A reference architecture for IoT-based logistic information systems in agri-food supply chains. *Enterprise information systems*, 12(7), 755-779.

- Vinodh, S., Nagaraj, S., & Girubha, J. (2014). Application of Fuzzy VIKOR for selection of rapid prototyping technologies in an agile environment. *Rapid Prototyping Journal*, 20(6), 523-532.
- Vrat, P., Gupta, R., Bhatnagar, A., Pathak, D. K., & Fulzele, V. (2018). Literature review analytics (LRA) on sustainable cold-chain for perishable food products: research trends and future directions. *Opsearch*, 55, 601-627.
- Wajszczuk, K. (2016). The role and importance of logistics in agri-food supply chains: An overview of empirical findings. *Logistics and Transport*, 30(2), 47-56.
- Wakeford, J., Kelly, C., & Mentz Lagrange, S. (2015). Mitigating risks and vulnerabilities in the energy-food-water nexus in developing countries. Sustainability Institute: Stellenbosch, South Africa.
- Wang, E. T., & Chen, J. H. (2006). The influence of governance equilibrium on ERP project success. *Decision Support Systems*, 41(4), 708-727.
- Wang, K. Y., & Yip, T. L. (2018). Cold-chain systems in China and value-chain analysis. In *Finance and risk management for international logistics and the supply chain* (pp. 217-241). Elsevier.
- Wang, M., Zhao, L., & Herty, M. (2018). Modelling carbon trading and refrigerated logistics services within a fresh food supply chain under carbon cap-and-trade regulation. *International Journal of Production Research*, 56(12), 4207-4225.
- WHO (2020) COVID-19 and food safety: Guidance for food businesses: Interim guidance. <https://www.who.int/publications/i/item/covid-19-and-food-safety-guidance-for-food-businesses>
- WHO (World Health Organization). (2020). 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV): Strategic preparedness and response plan

- Wiangkam, N., Jamrus, T., & Sureeyatanapas, P. (2022). The decision-making for selecting cold chain logistics providers in the food industry. *Engineering and Applied Science Research*, 49(6), 811-818.
- Widell, K. N., Dhakal, P. R., Thakur, M., & Hafner, A. (2019). Refrigeration to prevent food losses. In *Proceedings of the 25th IIR International Congress of Refrigeration*. Montréal, Canada, August 24-30, 2019. International Institute of Refrigeration.
- Wu, P. J., Lin, L. T., & Huang, C. C. (2022). Diagnosing the service quality of perishable-food logistics: temperature-sensitive milk delivery. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 34(9), 1943-1955.
- Wu, W. W., & Lee, Y. T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert systems with applications*, 32(2), 499-507.
- Wu, W., Deng, Y., Zhang, M., & Zhang, Y. (2015). Performance evaluation on aquatic product cold-chain logistics. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(5), 1746-1768.
- Wu, Z., Ahmad, J., & Xu, J. (2016). A group decision making framework based on fuzzy VIKOR approach for machine tool selection with linguistic information. *Applied Soft Computing*, 42, 314-324.
- Wu, Z., Ahmad, J., & Xu, J. (2016). A group decision making framework based on fuzzy VIKOR approach for machine tool selection with linguistic information. *Applied Soft Computing*, 42, 314-324.
- Wyman, O. (2018). Disruption in fruit and vegetable distribution. *Fruit Logistica Trend Report*.
- Xiao, J., Liu, Z. Y., & Li, B. W. (2012). Research on a food supply chain traceability management system based on RFID. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 34(2), 181-184.

- Xiao, X.Q., He, Q.L., Li, Z.G., Antoce, A.O. and Zhang, X.S. (2017), “Improving traceability and transparency of table grapes cold chain logistics by integrating WSN and correlation analysis”, *Food Control*, Vol. 73, part_PB, pp. 1556-1563
- Xu, X., Huang, Y., Hu, B., Li, C., & Gong, K. (2024). Identifying Key Barriers to Green Transition Development in China's Express Industry Based on the Fuzzy DEMATEL Method. *Sustainability* (2071-1050), 16(14).
- Xue, M., Zhang, J. & Tang, W. 2014. Optimal temperature control for quality of perishable foods. *ISA Transactions* 53(2): 542–546
- Yadav, D., & Saraf, A. K. (2025) Analysis of numerous economic and financial barriers using the fuzzy DEMATEL method in the reverse supply chain to implement PV waste handling. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, e14578.
- Yadav, H., Soni, U., Gupta, S., & Kumar, G. (2022). Evaluation of barriers in the adoption of E-commerce technology in SMEs: A fuzzy DEMATEL approach. *Journal of Electronic Commerce in Organizations (JECO)*, 20(1), 1-18.
- Yakavenka, V., Mallidis, I., Vlachos, D., Iakovou, E., & Eleni, Z. (2020). Development of a multi-objective model for the design of sustainable supply chains: The case of perishable food products. *Annals of Operations Research*, 294, 593-621.
- Yan, B., Fan, J., Cai, C., & Fang, J. (2020). Supply chain coordination of fresh Agri-products based on value loss. *Operations Management Research*, 13, 185-196.
- Yan, B., Fan, J., Cai, C., & Fang, J. (2020). Supply chain coordination of fresh Agri-products based on value loss. *Operations Management Research*, 13, 185-196.
- Yan, H., Song, M. J., & Lee, H. Y. (2021). A systematic review of factors affecting food loss and waste and sustainable mitigation strategies: A logistics service providers' perspective. *Sustainability*, 13(20), 11374.

- Yang, F., & Cai, J. M. (2013). The analysis of fresh food safety risks from the cold chain logistics system. In *The 19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 197-207). Springer Berlin Heidelberg.
- Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2020). Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 135, 101864. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101864>
- Yavuz, H., Öztel, A., & Öz, Y. (2020). Bulanık VIKOR yöntemi ile finansal performans analizi: Türk kimya sektöründe bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 27(3), 535-555.
- Yu, X. (2019). On-line ship route planning of cold-chain logistics distribution based on cloud computing. *Journal of Coastal Research*, 93(SI), 1132-1137.
- Yu, Y., & Xiao, T. (2021). Analysis of cold-chain service outsourcing modes in a fresh agri-product supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 148, 102264.
- Zeng, J. (2019). Optimizing the transportation route of fresh food in cold chain logistics by improved genetic algorithms. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 10, 14.
- Zeng, M., Wu, Y., Xing, X., Tang, W., & Xu, H. (2024). Coordinating principal–agent and incentive strategy of cold chain logistics service in fresh food supply chain. *PloS one*, 19(10), e0306976.
- Zhang, B., & Mohammad, J. (2024). Sustainability of Perishable Food Cold Chain Logistics: A Systematic Literature Review. *SAGE Open*, 14(3), 21582440241280455.
- Zhang, G., Habenicht, W., & Spieß, W. E. L. (2003). Improving the structure of deep frozen and chilled food chain with tabu search procedure. *Journal of food engineering*, 60(1), 67-79.

- Zhang, H., Liu, Y., Zhang, Q., Cui, Y., & Xu, S. (2020). A Bayesian network model for the reliability control of fresh food e-commerce logistics systems. *Soft Computing*, 24, 6499-6519.
- Zhang, J., Cao, W., & Park, M. (2019). Reliability analysis and optimization of cold chain distribution system for fresh agricultural products. *Sustainability*, 11(13), 3618.
- Zhang, M., Fabus, M., & Zhang, Y. (2024). Research on consumers' intended usage of cold chain logistics service through fresh-food apps based on the structural equations model. *Business: Theory and Practice*, 25(1), 61-72.
- Zhang, X., Lam, J. S. L., & Iris, Ç. (2020). Cold chain shipping mode choice with environmental and financial perspectives. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102537.
- Zhang, X., Sun, Y., & Sun, Y. (2022). Research on cold chain logistics traceability system of fresh agricultural products based on blockchain. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 1957957.
- Zhao, Y. (2023). Influencing Factors of Agricultural Products Cold Chain Logistics Development Based on ISM Model. *Wireless Personal Communications*, 1-20. Akram, H. W., Akhtar, S., Ahmad,
- Zhao, Y., Zhang, X., & Xu, X. (2020). Application and research progress of cold storage technology in cold chain transportation and distribution. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 139(2), 1419-1434.
- Zheng, L. (2015). Research on the performance evaluation method for cold chain logistics of agriculture products based on BP neural network mode. *The Open Cybernetics & Systemics Journal*, 9(1).
- Zhong, Q., Tang, H., & Zhou, W. (2024). Analyzing the influence factors of the post-earthquake reconstruction project using fuzzy DEMATEL. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 23(3), 1050-1062.

Safari, H., Faraji, Z., & Majidian, S. (2016). Identifying and evaluating enterprise architecture risks using FMEA and fuzzy VIKOR. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 27, 475-486.

Sahu, A. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2016). Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment: Exploration of fuzzy-VIKOR. *Benchmarking: An international journal*, 23(3), 651-673.



EKLER

EK 1

Değerli Katılımcı,

Bulanık DEMATEL ve bulanık VIKOR yöntemlerinin entegrasyonuna dayanan bu doktora araştırması, çok kriterli analiz teknikleri aracılığıyla karar alma modellerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yöntemler, karar kriterlerinin belirlenmesine ve Kenya'daki taze gıda soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarının etkin bir şekilde sıralanmasına olanak sağlamaktadır.

Uzmanlığınız, çalışmanın bilimsel geçerliliği ve güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Elde edilecek tüm veriler gizli tutulacak ve yalnızca akademik amaçlarla kullanılacaktır.

Katkılarınız ve değerli zamanınız için teşekkür ederiz.

KISIM I

Lütfen aşağıdaki boşlukları doldurunuz

Pozisyon: _____

Tecrübe: _____

KISIM II

Kenya bağlamında taze gıda soğuk zincir lojistik firmalarının performansını değerlendirmek amacıyla lütfen aşağıdaki kriterleri göz önünde bulundurarak değerlendiriniz.

Etkisiz (0)	(0;0;0.25)
Çok Az Etkili (ÇAE)	(0;0,25;0.50)
Az Etkili (AE)	(0.25;0,500;0,75)
Fazla Etkili (FE)	(0.50;0,75;1)
Çok Fazla Etkili (ÇFE)	(0,75;1;1)

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
		Personelin deneyimi ve eğitim düzeyi	Teslimat hızı ve esnekliği	Hizmetin güvenilirliği	Çevresel duyarlılık	Hizmet kalitesi ve gıda güvenliği	Soğuk zincir altyapı ve ekipman kapasitesi	Paketleme ve taşımaya uygunluk	İzlenebilirlik güvencesi	İş birliği, koordinasyon ve kaynak paylaşımı düzeyi	Bilgi ve iletişim teknolojisi kullanım düzeyi	Soğuk zincirin nakliye fiyatı	Soğuk zincir hizmet sağlayıcısının itibarı	Soğuk zincir süreçlerinde yenilik ve etkinlik	Hükümet politikası yasaları ve düzenlemeleri	Coğrafi konum	Finansal istikrar	Risk faktörü
C1	Personelin deneyimi ve eğitim düzeyi																	
C2	Teslimat hızı ve esnekliği																	
C3	Hizmetin güvenilirliği																	
C4	Çevresel duyarlılık																	
C5	Hizmet kalitesi ve gıda güvenliği																	
C6	Soğuk zincir altyapı ve ekipman kapasitesi																	
C7	Paketleme ve taşımaya uygunluk																	
C8	İzlenebilirlik güvencesi																	
C9	İş birliği, koordinasyon ve kaynak paylaşımı düzeyi																	
C10	Bilgi ve iletişim teknolojisi kullanım düzeyi																	
C11	Soğuk zincirin nakliye fiyatı																	
C12	Soğuk zincir hizmet sağlayıcısının itibarı																	
C13	Soğuk zincir süreçlerinde yenilik ve etkinlik																	
C14	Hükümet politikası yasaları ve düzenlemeleri																	
C15	Coğrafi konum																	
C16	Finansal istikrar																	
C17	Risk faktörü																	

KISIM III

Lütfen taze gıda soğuk zincir lojistik hizmet sağlayıcılarını belirtilen kriterlere göre değerlendiriniz.

LSP 1	SONIC FRESH
LSP2	BCS Kenya Ltd
LSP3	Cold Solutions Kenya
LSP 4	BigCold Kenya Ltd

			Çok İyi (1)							(7,5; 10; 10,0)							
			İyi (2)							(5,0; 7,5; 10,0)							
			Orta (3)							(2,5 ; 5,0; 7,5)							
			Kötü (4)							(0,0; 2,5; 5,0)							
			Çok Kötü (5)							(0,0; 0,0 ; 2,5)							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
LSP1																	
LSP2																	
LSP3																	
LSP4																	

Teşekkürler

ÖZGEÇMİŞ

Adı-soyadı	ABDULRAZAK YASIN		MOHAMED
Doğum Yeri ve Yılı	-		
Bildiği Yabancı Diller	İNGLİZCE-TÜRKÇE-ARAPÇA		
Eğitim Durumu	Başlama - Bitirme Yılı		Kurum Adı
Lise	1997	2006	Benadir Secondry school- Mogadishu
Lisans	2009	2012	Mogadişu Üniversitesi
Yüksek Lisans	2015	2018	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doktora	2019	2025	Bursa Uludağ üniversitesi
Çalıştığı Kurum (lar)	Başlama - Ayrılma Yılı		Çalışılan Kurumun Adı
1.	2013	2014	Mogadişu Üniveristesi
2.	2022	Devam	Zamzam Üniversitesi
3.	2024	Devam	Somali Uluslararası Üniversitesi
4	2022	Devam	Mogadişu Üniveristesi
Üye Olduğu Bilimsel ve Meslekî Kuruluşlar	Öğretim üyesi, Mogadişu Univeristesi, Somali Uluslararası Üniversitesi, ve Zamzam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi		
Katıldığı Proje ve Toplantılar	Conferencse of Business and Entrepreneursip (Member of organizing committee)		
Yayınlar:			
Diğer:			
İletişim (e-posta):			
Tarih:		18.02.2025	
İmza:		ABDULRAZAK YASIN	
Adı-Soyadı:		MOHAMED	