



**T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI**

**SİYAH ÇAYIN DENİZ YOLUYLA TAŞINMASI ESNASINDAKİ
RİSKLERİN HATA MODLARI VE ETKİ ANALİZİ (FMEA) VE
KURAL TABANLI BAYES AĞLARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Saitcan BÜYÜK

**Danışman
Doç. Dr. Mehmet KAPTAN**

**RİZE
2026**

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalında, Doç. Dr. Mehmet KAPTAN danışmanlığında, Saitcan BÜYÜK tarafından hazırlanan *Siyah Çayın Deniz Yoluyla Taşınması Esnasındaki Risklerin Hata Modları ve Etki Analizi (Fmea) ve Kural Tabanlı Bayes Ağları ile Değerlendirilmesi* adlı bu tez çalışması, 09/01/2026 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliğiyle/~~oy çokluğuyla~~ başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Ünvanı, Adı SOYADI

İmza

Başkan : Doç. Dr. Mehmet KAPTAN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ozan BAYAZİT

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Özgür TEZCAN

ETİK BEYAN

Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Siyah Çayın Deniz Yoluyla Taşınması Esnasındaki Risklerin Hata Modları ve Etki Analizi (Fmea) ve Kural Tabanlı Bayes Ağları ile Değerlendirilmesi” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabilecek bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

09/01/2026

Saitcan BÜYÜK

ÖNSÖZ

Bu çalışma, siyah çayın deniz yoluyla taşınması sürecinde ortaya çıkabilecek risklerin belirlenmesi, analiz edilmesi ve önceliklendirilmesine yönelik hazırlanmıştır. Tez sürecinde, sadece bilimsel yöntemlere dayalı bir araştırma yürütmekle kalmayıp, aynı zamanda ülkemizin çay taşımacılığı ve lojistik altyapısına katkı sağlayacak bir model ortaya koymayı hedefledim. Araştırmanın tüm aşamalarında bana yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini paylaşarak bilimsel bakış açımı geliştirmeme katkı sunan danışman hocama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezimin hazırlanması sürecinde desteğini esirgemeyen aileme, meslektaşlarıma ve çalışma süresince görüşlerini paylaşarak katkı sağlayan uzmanlara da şükranlarımı belirtmek isterim. Özel olarak, Yüksek lisans tezimin yürütülmesi esnasında göstermiş olduğu ilgi ve desteğinden dolayı değerli danışmanım Doç. Dr. Mehmet KAPTAN'a ve büyük bir hoşgörü ve sabır göstererek bana her konuda destek olan eşim Şule BÜYÜK'e, aileme ve dostlarıma teşekkürlerimi borç bilirim. Bu tez, yalnızca akademik bir çalışma değil, aynı zamanda Türk denizcilik sektörünün geleceğine ışık tutacak bir katkı olarak değerlendirilmelidir.

Saitcan BÜYÜK
RİZE/2026

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VIII
ABSTRACT.....	IX
KISALTMALAR.....	X
TABLolar LİSTESİ.....	XII
ŞEKİLLER LİSTESİ	XIII
GİRİŞ	1
1. KÜRESEL TİCARETİN ARTERLERİ	3
1.1. Stratejik Önemin Nicel Tespiti.....	3
1.2. Konteyner Devrimi.....	3
1.2.1. Konteyner Öncesi Dönem: Verimsizlik ve Yüksek Maliyetler.....	3
1.2.2. Malcolm McLean ve Standartlaştırılmış Konteynerin Doğuşu.....	4
1.2.3. Konteynerizasyonun Çok Boyutlu Etkileri	4
1.2.4. Modern Denizcilik Ekosistemi: Ölçek, Yapı ve Kilit Aktörler.....	6
1.2.4.1. Küresel Filo ve Kargo Segmentasyonu	6
1.2.4.2. Sektörün Devleri: Konteyner Hatları ve İttifaklar	6
1.2.4.3. Küresel Ticaretin Kavşak Noktaları: Mega Limanlar	7
1.2.5. Ekonomik Motor: Deniz Taşımacılığının Küresel Etkisinin Nicel Analizi	8
1.2.5.1. Küresel Deniz Ticareti Hacmi ve Büyüme Dinamikleri	8
1.2.5.2. Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar (2024-2029)	9
1.2.5.3. Ton-Mil Analizi: Mesafenin Ekonomisi.....	9
1.2.5.4. Stratejik Geçiş Noktaları (Chokepoints).....	10
1.2.6. Çalkantılı Sularda Seyir: Modern Denizcilikte Risklerin Sınıflandırılması	11
1.2.6.1. Operasyonel Riskler: Sistemin Kronik Gerilimleri	11
1.2.6.2. Tedarik Zinciri Kırılmaları: Vaka Analizleri.....	12
1.2.6.3. Ekonomik ve Jeopolitik Riskler: Belirsizliğin Yükselişi	14
2. TÜRKİYE'DE ÇAY ÜRETİMİNİN TARİHSEL SÜRECİ VE LOJİSTİK DİNAMİKLERİ.....	15

2.1. Türkiye'de Çay Tarımının Kökenleri ve Gelişimi.....	15
2.1.1. Osmanlı'dan Cumhuriyet'e: İlk Denemeler ve Zihni Derin'in Mirası	15
2.1.2. Devlet ve Çaykur arasındaki ilişki	16
2.1.3. 1984 Sonrası Dönem: Piyasada Serbestleşme ve Özel Sektörün Doğuşu	17
2.2. Hasat ve Fabrikaya Ulaşım: Yaş Çayın Lojistik Serüveni.....	17
2.2.1. Hasat (Koparma): Doğu Karadeniz'de Üç Sürgün ve Sosyo-Ekonomik Yapı	18
2.2.2. Alım Merkezleri ve Tartım Süreçleri	18
2.2.3. Coğrafyanın Dayattığı Çözümler: Kamyonlardan İlkel Teleferiğe (Varangel) Taşıma Dinamikleri.....	19
2.3. Siyah Çayın Kimyasal ve Fiziksel Dönüşümü: İşleme Aşamaları.....	20
2.3.1. Soldurma: Nem Oranının Düşürülmesi.....	21
2.3.2. Kivırma (Yuvarlama): Hücre Özsuyunun Çıkarılması ve Oksidasyonun Başlatılması	21
2.3.3. Oksidasyon (Fermantasyon): Çayın Karakterinin Oluşumu	22
2.3.4. Fırınlama (Pişirme): Oksidasyonun Durdurulması ve Kurutma	22
2.3.5. Tasnif (Sıralama): Kalite ve Boyuta Göre Sınıflandırma.....	22
2.4. Mamul Çayın Lojistiği: Paketlemeden Dağıtıma.....	22
2.4.1. Paketleme: Aroma ve Tazeliliğin Korunması	23
2.4.2. İstifleme ve Depolama Yönetimi	23
2.4.3. Dağıtım Ağları Lojistik Modelleri	24
2.4.4. İhracat Lojistiği: Limanlar, Prosedürler ve Risk Yönetimi	24
2.5. Türkiye Çay Sektörünün Güncel Panoraması ve Gelecek Vizyonu	25
2.5.1. Sektörün Temel Meseleleri: Maliyet, Kalite, İklim Değişikliği ve Kaçak Çay.....	26
2.5.2. Gelecek Eğilimleri: Organik Tarım, Sürdürülebilirlik ve Markalaşma Stratejileri	27
3. KÜRESEL ÇAY PİYASASI: 2024-2025 ÜRETİM, TİCARET VE TÜKETİCİ TRENDLERİ ANALİZİ.....	29
3.1. Piyasa Büyüklüğü, Büyüme ve Ekonomik Önem.....	29
3.2. Temel Dinamik: Üretim Fazlası ve Geri Kalan Tüketim.....	29
3.3. Kişi Başı Tüketim: İki Dünyanın Hikayesi.....	30
3.4. Kilit Gelişmekte Olan Ülkelerin Üretim ve İhracat Analizi	31
3.4.1. Çin	31

3.4.2. Hindistan	32
3.4.3. Kenya.....	32
3.4.4. Sri Lanka	32
3.4.5. Türkiye	33
3.5. Çay Piyasasını Yeniden Şekillendiren Baskın Tüketici Trendleri.....	34
3.5.1. Sağlık ve Zindelik Zorunluluğu	34
3.5.2. Premiumlaşma ve Özel Çayların Yükselişi.....	35
3.5.3. Sürdürülebilirlik, İzlenebilirlik ve Etik Kaynak Kullanımı.....	35
3.5.4. Kolaylık ve Tüketime Hazırlılık.....	35
3.6. İklim Değişikliğinin Varoluşsal Tehdidi.....	36
3.6.1. Süregelen Ekonomik ve Sosyal Baskılar.....	36
3.6.2. Stratejik Görünüm ve Öneriler	37
3.6.2.1. Üreticiler (Çiftçiler ve Mülk Sahipleri) için	37
3.6.2.2. İhracatçılar ve Ulusal Çay Kurulları İçin	37
3.6.2.3. Uluslararası Alıcılar ve Markalar İçin	37
4. İLGİLİ ULUSAL VE ULUSLARARASI STANDARTLAR, MEVZUAT VE UYGULAMALAR	39
4.1. Genel Bakış ve Kapsam	39
4.2. Gıda Lojistiğinde Uyumun Stratejik Önemi	39
4.2.1. Gıda ve Tarım Ürünleri Lojistiğinin Temel Esasları ve Risk Yönetimi	40
4.2.1.1. Gıda Tedarik Zincirinde Taşımanın Kritik Rolü	40
4.2.1.2. En İyi Lojistik Uygulamaları: Paketleme, Yükleme ve Depolama	40
4.2.1.3. Gıda Güvenliğinde İzlenebilirlik Sistemlerinin Önemi.....	41
4.2.2. Uluslararası Denizcilik ve Gıda Güvenliği Standartları.....	41
4.2.2.1. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) Düzenlemeleri ve Gıda Taşımacılığına Etkileri	41
4.2.2.2. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) ve Gıda Tedarik Zinciri	43
4.2.2.3. FAO ve WHO'nun Rolü: Codex Alimentarius Komisyonu	43
4.2.3. Türkiye'nin İhracat Mevzuatı ve Çay Sektörüne Özel Uygulamalar	45
4.2.3.1. Türkiye'nin Genel İhracat Rejimi ve Yasal Çerçevesi.....	45
4.2.3.2. Ulusal Gıda Standartları: Türk Gıda Kodeksi Siyah Çay Tebliği ..	45
4.2.3.3. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ve Kalite Belgelendirmesi	47
4.2.3.4. Çay İhracatında Gerekli Temel Belgeler ve Prosedürler.....	47

4.2.4. Sentez, Değerlendirme ve Stratejik Öneriler.....	48
4.2.4.1. Uluslararası ve Ulusal Mevzuatın Bütünleşik Değerlendirmesi.....	48
4.2.4.2. Türk Çay İhracatçısı için Uyum Yol Haritası.....	50
4.2.4.3. Gelecek Perspektifi: Sürdürülebilirlik, Dijitalleşme ve Yeni Pazar Fırsatları.....	51
5. METODOLOJİ.....	52
5.1. Araştırma Yaklaşımı ve Yöntem Entegrasyonu.....	52
5.2. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA).....	53
5.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi.....	54
5.4. Kural Tabanlı Bayes Ağları (RBN).....	54
5.5. Yöntemlerin Entegrasyonu ve Araştırma Adımları.....	55
5.5.1. Adım 1: Risklerin Tanımlanması.....	55
5.5.2. Adım 2: Bayes Ağının Oluşturulması.....	56
5.6. Risk Faktörlerinin Tanımlanması (Kök Düğümler).....	57
5.7. Adım 3: Uzman Görüşlerinin Alınması ve Veri Toplama.....	61
5.8. Adım 4: Kuralların Tasarımı.....	62
5.9. Adım 5: Bayes Mantığında Kural Toplama Süreci.....	63
5.10. Adım 6: Fayda Fonksiyonlarıyla Sonuçların Net Değerlere Dönüştürülmesi.....	64
5.11. Adım 7: Duyarlılık Analizi ile Bayes Modelinin Doğrulanması.....	64
6. BULGULAR.....	65
7. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
7.1. Sonuç.....	73
7.2. Öneriler.....	73
7.3. Çalışmanın Kısıtları.....	74
7.4. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler.....	74
KAYNAKÇA.....	76

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği

Tez Türü : Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Doç. Dr. Mehmet KAPTAN

Hazırlayan : Saitcan BÜYÜK

Yıl : 2026

Sayfa Sayısı : 97

ÖZET

SIYAH ÇAYIN DENİZ YOLUYLA TAŞINMASI ESNASINDAKİ RİSKLERİN HATA MODLARI VE ETKİ ANALİZİ (FMEA) VE KURAL TABANLI BAYES AĞLARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Siyah çay, yüksek higroskopik özellikleri nedeniyle deniz taşımacılığı süresince çevresel parametrelerdeki dalgalanmalara karşı duyarlıdır ve bu durum, ürünün kimyasal ve duyuşal bileşenlerinde ciddi bozulmalara yol açabilmektedir. Bu çalışma, siyah çayın deniz yoluyla taşınması sırasında ortaya çıkabilecek potansiyel riskleri sistematik bir yaklaşımla analiz ederek, literatürdeki metodolojik boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Bu amaçla, Hata Modları ve Etki Analizi (FMEA) ile kural tabanlı Bayes Ağları (BN) entegre edilerek, karmaşık nedensel ilişkilerin nicel olarak modellenmesi sağlanmıştır. Uzman görüşleri ve güncel literatürden elde edilen veriler kullanılarak BN modeli için koşullu olasılık tabloları geliştirilmiştir. Model sonuçları, siyah çayın kalite kaybına en fazla katkıda bulunan risk faktörlerinin sırasıyla konteyner içi bağıl nem miktarının uygunsuzluğu (RF 4.3), önerilen havalandırma koşullarının sağlanmaması (RF 4.1), konteynerin yapısal hasarlarından kaynaklanan su sızıntıları (RF 2.2) ve dış ortam bağıl nem seviyelerinin uygunsuzluğu (RF 4.2) olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgular, deniz taşımacılığı operasyonlarında aktif nem yönetimi, konteyner bütünlüğünün düzenli denetimi ve çevresel parametrelerin gerçek zamanlı izlenmesi gibi önleyici stratejilerin kritik önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, higroskopik gıda ürünleri için risk tabanlı lojistik planlamada uygulanabilir bir çerçeve sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Siyah çay, Deniz taşımacılığı, Higroskopik, Konteyner, Hata Modları ve Etki Analizi (FMEA), Kural tabanlı Bayes Ağları.

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Maritime Transportation Management Engineering

Thesis Type : Master Thesis

Supervisor : Assoc. Dr. Mehmet KAPTAN

Author : Saitcan BÜYÜK

Year : 2026

Pages : 97

ABSTRACT

ASSESSMENT OF RISKS DURING MARITIME TRANSPORT OF BLACK TEA USING FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) AND RULE-BASED BAYESIAN NETWORKS

Black tea, due to its high hygroscopic properties, is sensitive to fluctuations in environmental parameters during maritime transport, which can lead to serious deterioration in the product's chemical and sensory components. This study aims to fill a methodological gap in the literature by analyzing the potential risks that may arise during the maritime transport of black tea with a systematic approach. For this purpose, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and rule-based Bayesian Networks (BN) were integrated to quantitatively model complex causal relationships. Conditional probability tables for the BN model were developed using expert opinions and data from current literature. The model results indicated that the risk factors contributing most to the quality loss of black tea are, respectively, the inappropriateness of the in-container relative humidity (RF 4.3), failure to provide recommended ventilation conditions (RF 4.1), water leakages from structural damages of the container (RF 2.2), and the inappropriateness of external relative humidity levels (RF 4.2). The findings reveal the critical importance of preventive strategies such as active humidity management, regular inspection of container integrity, and real-time monitoring of environmental parameters in maritime transport operations. This approach presents a viable framework for risk-based logistics planning for hygroscopic food products.

Keywords: Black tea, Maritime transport, Hygroscopic, Container, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Rule-based Bayesian networks

KISALTMALAR

BAP	:	Bilimsel Araştırma Projeleri
BN	:	Bayes Ağları (Bayesian Networks)
CAGR	:	Yıllık Bileşik Büyüme Oranı (Compound Annual Growth Rate)
CSC	:	Güvenli Konteynerler Sözleşmesi (Convention for Safe Containers)
ÇAYKUR	:	Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü
ECA	:	Emisyon Kontrol Alanı (Emission Control Area)
FAO	:	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
FMEA	:	Hata Modları ve Etki Analizi (Failure Modes and Effects Analysis)
GHG	:	Sera Gazı (Greenhouse Gas)
HACCP	:	Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (Hazard Analysis and Critical Control Points)
IMO	:	Uluslararası Denizcilik Örgütü (International Maritime Organization)
LNG	:	Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (Liquefied Natural Gas)
MARPOL	:	Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi (Marine Pollution)
MMT	:	Milyon Metrik Ton
MRL	:	Maksimum Kalıntı Limiti (Maximum Residue Limit)
PSC	:	Liman Devleti Kontrolü (Port State Control)
RBN	:	Kural Tabanlı Bayes Ağları (Rule-based Bayesian Networks)
RTD	:	Tüketime Hazır (Ready-to-Drink)
SOLAS	:	Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi (Safety of Life at Sea)
SPS	:	Sağlık ve Bitki Sağlığı Önlemleri (Sanitary and Phytosanitary Measures)
STCW	:	Gemi Adamlarının Eğitim, Belgelendirme ve Vardiya Tutma Standartları (Standards of Training, Certification and Watchkeeping)
TEU	:	Yirmi Ayak Eşdeğer Birimi (Twenty-foot Equivalent Unit)

TGK : Türk Gıda Kodeksi
TSE : Türk Standardları Enstitüsü
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UNCTAD : Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Trade and Development)



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. TEU kapasitesine göre ilk 10 konteyner hattı ve pazar payları.....	7
Tablo 2. TEU hacmine göre dünyanın en işlek 10 konteyner limanı	8
Tablo 3. UNCTAD deniz ticareti hacmi projeksiyonları.....	9
Tablo 4. Türkiye'de çay üretiminin tarihsel dönüm noktaları	16
Tablo 5. Siyah çay işleme aşamaları, süreçleri ve amaçları	20
Tablo 6. Türkiye çay piyasası pazar payları (2023 verileri).....	26
Tablo 7. Kilit küresel pazarlarda kişi başı çay tüketimi (kg/yıl)	30
Tablo 8. Başlıca üretici ülkelerde küresel çay üretimi (2022-2023, Metrik Ton)	33
Tablo 9. Dünya yaş çay ihracat (bin ton) bazında ilk 5 çay ihracatçısı ülke (2022-2023)	34
Tablo 10. Türe göre küresel çay piyasası segmentasyonu – tahmini pazar payı ve öngörülen.	36
Tablo 11. Codex Alimentarius tarafından belirlenen çay için pestisit MRL örnekleri	44
Tablo 12. ISO 3720 ve Türk Gıda Kodeksi Siyah Çay Tebliği Kimyasal Gereklilikler Karşılaştırması	46
Tablo 13. ISO 3720 ve Türk Gıda Kodeksi Siyah Çay Tebliği Kimyasal Gereklilikler Karşılaştırması	48
Tablo 14. L, C ve P parametrelerine ilişkin dilbilimsel terimler ve tanımları.....	61
Tablo 15. Çalışmaya katılan uzman grubunun mesleki geçmişi	62
Tablo 16. Kural tabanlı bayes ağı için örnek kurallar	63
Tablo 17. RF 1.1 kök düğümünü değerlendiren uzmanların ağırlık faktörleri	65
Tablo 18. RF 1.1 için uzman değerlendirmeleri ve birleştirilmiş sonuçlar	66
Tablo 19. Risk parametreleri için toplu inanç dereceleri	67
Tablo 20. Risk ve alt faktörler için net değerler (Crisp Values).....	68
Tablo 21. Taşıma öncesi ve sırasında riskin çok yüksek olduğu durumlarda etkili olan faktörler.....	69
Tablo 22. Taşıma öncesi ve sırasında riskin çok düşük olduğu durumlarda etkili olan faktörler	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çalışmanın akış şeması	55
Şekil 2. Siyah çayın deniz yoluyla taşınması esnasında kalitesine etki eden faktörlerin bayes ağı modellenmesi	56
Şekil 3. Siyah çayın deniz yoluyla taşınması esnasındaki risklere ilişkin risk modellenmesi	68
Şekil 4. Taşıma öncesi ve sırasında riskin çok düşük ve çok yüksek olduğu durumlarda duyarlılık analizinin sonuçları	70



GİRİŞ

Çay, *Camellia sinensis* adlı bir çalının yapraklarından üretilir ve sudan sonra dünya çapında en çok tüketilen içecektir (Korkmaz Görür vd., 2011). Bu denli yaygın tüketimin ardında, çayın yalnızca içecek olarak değil, aynı zamanda birçok toplumda köklü kültürel ve sağlıksal gelenek olarak kabul görmesi yatmaktadır (FOA, 2025; Yılmaz, 2025). Ancak bu küresel yaygınlığa karşın, çayın yetiştirilebildiği bölgeler iklimsel koşullar nedeniyle sınırlıdır. Dünyada Çin, Sri Lanka, Hindistan, Endonezya, Japonya ve Kenya çay üretiminde başlıca ülkelerdir. Tropikal ve Ekvatorial bölgelerde 12 ay boyunca çay tarımı yapılırken Türkiye ve İran gibi diğerlerine göre yüksek enlemde bulunan ülkelerde ise sadece yılın 6 ayı çay gerçekleştirilmektedir (Hicks, 2008). Bu sınırlı yetiştirme alanlarında elde edilen çay yaprakları, tüketiciye ulaşmadan önce dikkatle yürütülen çok aşamalı bir işleme sürecinden geçmektedir. Bu kapsamda yeşil yapraklardan siyah çay elde edilene kadar koparma, soldurma, buharlama, yuvarlama, oksitleme, pişirme ve sıralama işlemlerinden geçirilir. Eğer yeşil çay elde edilmesi isteniyorsa oksitleme adımı atlanır (GDV, 2025). Bu süreç çayın lezzet kalitesinin belirlendiği üretim aşamasıdır. Elde edilen siyah çayın aroma, renk, tat ve genel kalite özelliklerinin korunması; ürünün tüketiciye ulaşana dek koku, küf, nem, sıcaklık dalgalanmaları, mekanik hasarlar ve böceklenme gibi dış etkenlerden etkilenmesinin önlenmesine bağlıdır (BMT, 2025). Örneğin Siyah çayın su içeriği %2'nin altına düşmemelidir, bu durumda uçucu yağları kolayca yitirilir, öte yandan küflenme eğilimi gösterdiğinden %9'u aşmamalıdır (Dmowski ve Ruszkowska, 2018).

Siyah çay, Dünya genelinde 6,5 milyon ton üretilip 1,84 milyon tonu 10 üretim kapasitesine sahip ülkeden, tüketim merkezlerine ve diğer ihracat pazarlarına taşınır (FAO, 2024). Bu büyük üretim hacminin dünya geneline etkin şekilde ulaştırılabilmesi, uygun ve sürdürülebilir bir lojistik altayapının varlığını zorunlu kılmaktadır. Denizyolu taşımacılığı, uzun mesafelerde çay gibi büyük hacimli ürünlerin taşınması için kara ve hava yolu taşımacılığına göre daha verimli ve düşük maliyetlidir (Cho ve Lee, 2020; Pereda ve Lucchesi, 2022). Bu yüzden çayın ülkeler arası ticaretinde genellikle denizyolu taşımacılığı kullanılır. Diğer taraftan deniz taşımacılığı kara ve hava taşımacılığına göre çeşitli dezavantajlara sahiptir. Bunlar

uzun taşıma süreleri, olumsuz hava koşullarına (fırtınalar, aşırı rüzgâr, büyük dalgalar, nem) duyarlılığı, liman ve altyapı gereksinimi ihtiyaçları vb. olarak sıralanabilir (Kaptan, 2022; Kotenko vd., 2022). Gemi kaynaklı çay cargo claim risklerinin değerlendirilmesi, çay gibi hassas ve değerli bir ürünün deniz yoluyla taşınması sırasında ortaya çıkabilecek olası zararları, kayıpları ve sigorta taleplerini minimize etmek amacıyla çok önemli bir süreçtir. Bu nedenle, deniz taşımacılığı sırasında karşılaşılabilecek risklerin iyi değerlendirilmesi hem taşıyıcılar hem de yük sahipleri için finansal açıdan büyük avantajlar sağlar.

Bu çalışma, kuru çayın konteyner içinde gemiyle taşınmasından sonra çıkabilecek cargo claim risklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Sayısal analiz sürecinde Hata Modları ve Etki Analizi (FMEA), Ağırlıklı Ortalama yöntemi ve kural tabanlı Bayes Ağları metodolojisinin bir kombinasyonu uygulanmıştır. Makale altı ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, çayın gemiyle taşınması sırasında karşılaşılan risk faktörleri ve bu bağlamda operasyonel risk değerlendirmesinin gerekliliği tartışılmaktadır. İkinci bölüm, konuya ilişkin literatür taramasını sunarak mevcut çalışmaların metodolojik yaklaşımlarını ve literatürdeki boşlukları ortaya koymaktadır. Üçüncü bölüm, önerilen metodolojiyi ayrıntılı bir şekilde açıklamakta ve kullanılan analiz tekniklerini detaylandırmaktadır. Dördüncü bölümde, yapılan risk değerlendirmesinin uygulaması sunulmakta ve elde edilen bulgular aktarılmaktadır. Beşinci bölümde, bu bulguların yorumlanması ve tartışılması yer almaktadır. Son olarak, altıncı bölümde çalışmanın temel sonuçları özetlenmekte, araştırmanın pratik ve teorik katkıları vurgulanmakta ve gelecekteki araştırmalar için öneriler sunulmaktadır.

1. KÜRESEL TİCARETİN ARTERLERİ

1.1. Stratejik Önemin Nicel Tespiti

Deniz taşımacılığının stratejik önemi, en net şekilde Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD) tarafından sunulan verilerle ortaya konmaktadır. Uluslararası mal ticaretinin hacim olarak %80'inden fazlası deniz yoluyla gerçekleştirilmektedir (UNCTAD, 2023) Bu oran, küresel tedarik zincirlerinin deniz yollarına olan mutlak bağımlılığını göstermektedir. Özellikle, küresel ekonomiye entegrasyonu büyük ölçüde deniz ticaretine bağlı olan gelişmekte olan ülkeler için bu oranın daha da yüksek olması, sektörün kalkınma ve refah üzerindeki doğrudan etkisini pekiştirmektedir (UNCTAD, 2023). Bu yüksek oran, aynı zamanda küresel ekonominin "tek bir başarısızlık noktasına" (single point of failure) olan kırılganlığının da bir göstergesidir. Kara ve hava taşımacılığı, kapasite ve maliyet etkinlikleri açısından deniz taşımacılığına bir alternatif olmaktan çok, onu tamamlayıcı bir rol oynamaktadır. Bu kritik bağımlılık, Süveyş veya Panama Kanalı gibi dar geçitlerde (chokepoints) yaşanacak bir aksaklığın neden sadece bölgesel bir sorun olmakla kalmayıp, küresel bir ekonomik şok dalgası yarattığını açıklamaktadır. Dolayısıyla, bu dar geçitler jeopolitik ve stratejik olarak paha biçilmez bir önem kazanmakta ve bu noktalardaki herhangi bir kesinti, orantısız derecede büyük küresel etkilere yol açma potansiyeli taşımaktadır.

1.2. Konteyner Devrimi

1.2.1. Konteyner Öncesi Dönem: Verimsizlik ve Yüksek Maliyetler

20. yüzyılın ortalarına kadar küresel deniz ticareti, "dökme yük" (break-bulk) olarak bilinen, yoğun emek gerektiren ve son derece verimsiz bir sistemle yürütülmekteydi. Bu dönemde mallar, fabrikalardan limanlara variller, çuvallar, sandıklar ve kasalar içinde parça parça taşınırdı. Limanlarda, bu binlerce ayrı paket, rıhtım işçilerinden oluşan ordular tarafından tek tek gemilere yüklenir veya gemilerden boşaltılırdı. Bu süreç, doğası gereği yavaş, maliyetli ve riskliydi. Bir geminin yüklenmesi veya boşaltılması haftalar sürebilir, bu da limanlarda ciddi yığılmalara ve gecikmelere neden olurdu. Ayrıca, yüklerin sürekli elleçlenmesi, hasar ve hırsızlık

riskini önemli ölçüde artırıyordu. Bu sistem, uluslararası ticaretin önündeki en büyük engellerden birini teşkil ediyor hem maliyetleri yükseltiyor hem de tedarik zincirlerinin güvenilirliğini ve hızını sınırlıyordu (Daniel M. Bernhofen vd. 2016)

1.2.2. Malcolm McLean ve Standartlaştırılmış Konteynerin Doğuşu

Denizcilik endüstrisinin dışından bir girişimci olan kamyon taşımacılığı şirketi sahibi Malcolm McLean, bu verimsizliğe son verecek devrimi ateşleyen kişi oldu. 1937 yılında, pamuk balyaları taşıyan kamyonunun yükünün limanda saatlerce süren bir çabayla gemiye aktarılmasını izlerken, McLean zaman ve para israfını ortadan kaldıracak daha iyi bir yol olması gerektiğini düşündü. Vizyonu basitti: Kamyonun kasasını doğrudan gemiye yüklemek. Bu fikir, farklı taşıma modları (karayolu, denizyolu, demiryolu) arasında kesintisiz ve standart bir geçiş sağlama arayışına dönüştü. Yıllar süren geliştirme çalışmalarının ardından McLean, 1956'da standartlaştırılmış, istiflenebilir, kilitlenebilir ve metal bir konteynerin patentini aldı. Aynı yıl, dönüştürülmüş bir petrol tankeri olan Ideal X, 58 konteynerle Newark, New Jersey'den Houston, Teksas'a ilk seferini yaparak modern konteyner taşımacılığını başlattı (The maritime executive, 2023)

1.2.3. Konteynerizasyonun Çok Boyutlu Etkileri

McLean'in icadı, sadece bir metal kutudan çok daha fazlasıydı; küresel ticareti, lojistiği ve hatta dünya ekonomisinin coğrafyasını yeniden şekillendiren bir paradigma değişimiydi. Ekonomik Etkiler: Konteynerizasyonun en çarpıcı ve devrimci etkisi, maliyetlerde yarattığı dramatik düşüştü. McLean'in geliştirdiği, konteynerlerin gemilere, kamyonlara ve birbirlerine kolayca kilitlenmesini sağlayan "fitting" sistemi sayesinde, ton başına yükleme maliyeti 5,86 dolardan sadece 0,16 dolara indi (The maritime executive, 2023) Bu, %97'lik şaşırtıcı bir maliyet azalması anlamına geliyordu. Bu maliyet düşüşü, daha önce taşınması ekonomik olarak kârlı olmayan sayısız ürün için uluslararası ticareti mümkün kıldı ve 20. yüzyılın ikinci yarısındaki küreselleşme dalgasının en önemli tetikleyicilerinden biri oldu. Operasyonel Verimlilik: Verimlilikteki artış nefes kesiciydi. Konteyner öncesi dönemde bir gemiye saatte yaklaşık 1.3 ton yük yüklenebilirken, konteynerlerin devreye girmesiyle bu rakam saatte 30 tona fırladı. Bu süreci daha da hızlandıran tamamlayıcı yenilikler

ortaya çıktı. 1959'da Paceco tarafından geliştirilen ilk özel rıhtım konteyner vinci ("Portainer") ve 1962'de New Jersey'de açılan dünyanın ilk özel konteyner terminali, operasyonel verimliliği yeni bir seviyeye taşıdı. Standardizasyon ve Intermodalite: Devrimin küresel ölçekte yayılmasını sağlayan kilit adım, standardizasyon oldu. 1968-1970 yılları arasında Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), konteynerlerin boyutları, köşe dökümleri ve taşıma kapasiteleri için evrensel standartlar belirledi. Bu standartlar sayesinde, bir konteyner dünyanın herhangi bir yerindeki bir kamyonundan alınıp bir trene, oradan da bir gemiye, ekipman uyumsuzluğu sorunu yaşanmadan yüklenebilir hale geldi. Bu, "intermodal taşımacılık" sistemini doğurdu ve tedarik zincirlerinin kusursuz bir şekilde bütünleşmesinin önünü açtı (Daniel M. Bernhofen vd. 2016) Güvenlik ve Kentsel Dönüşüm: Mühürlenmiş çelik konteynerler, taşımanın tüm aşamalarında kargonun hırsızlık ve hasar görme riskini büyük ölçüde azalttı. Aynı zamanda, konteyner devrimi liman şehirlerinin sosyal dokusunu da kökten değiştirdi. Yoğun insan emeğine dayalı rıhtım işçiliğinin yerini devasa vinçler ve makineler aldı. Bu durum, limanlardaki istihdam yapısını dönüştürdü ve limanların daha büyük gemileri ve otomasyon sistemlerini barındıracak şekilde şehirlerin dışına taşınmasına yol açtı (Daniel M. Bernhofen vd. 2016) Konteyner devrimi, tek bir teknolojik buluşun değil, bir "sistem inovasyonunun" ürünüdür. Konteynerin kendisi kadar, onu destekleyen vinçler, özel tasarlanmış gemiler, otomasyona dayalı limanlar, küresel demiryolu ağları ve ISO gibi yasal standartlar da bu bütüncül ekosistemin ayrılmaz parçalarıdır. Bu unsurlardan herhangi birinin eksikliği, sistemin verimliliğini ve küresel ölçekte yayılmasını engelleyecekti. Bu tarihsel örnek, günümüzde denizcilik sektörünün karşı karşıya olduğu dekarbonizasyon veya dijitalleşme gibi büyük dönüşümlerin de neden sadece tek bir teknolojiye odaklanmak yerine, yakıt üretiminden liman altyapısına, gemi tasarımından uluslararası düzenlemelere kadar uzanan bütüncül bir ekosistem yaklaşımı gerektirdiğini anlamak için değerli bir ders niteliğindedir.

1.2.4. Modern Denizcilik Ekosistemi: Ölçek, Yapı ve Kilit Aktörler

1.2.4.1. Küresel Filo ve Kargo Segmentasyonu

Modern deniz ticareti, taşınan yükün niteliğine göre uzmanlaşmış gemi türleri ve operasyonel segmentlerden oluşan karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu segmentasyon, verimliliği en üst düzeye çıkarmak ve farklı kargo türlerinin özel taşıma gereksinimlerini karşılamak için kritik öneme sahiptir. Ana kargo kategorileri şunlardır:

- Konteynerli Yük: Bilgisayarlar, televizyonlar, giysiler, işlenmiş gıda ürünleri ve oyuncaklar gibi mamul ve yarı mamul malların standart boyutlardaki metal kutular (konteynerler) içinde taşındığı segmenttir. Küresel tedarik zincirlerinin ve tüketim ekonomisinin bel kemiğini oluşturan bu segment, intermodal taşımacılığın temelidir.
- Sıvı Dökme Yük: Başta ham petrol ve petrol ürünleri (benzin, dizel, jet yakıtı) olmak üzere, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG), kimyasallar ve bitkilere özgü yağlar gibi ambalajsız sıvı ürünlerin tanker adı verilen özel gemilerle taşındığı kategoridir. Küresel enerji güvenliği için hayati bir rol oynar.
- Kuru Dökme Yük: Kömür, demir cevheri, tahıl, çimento, gübre ve çeşitli mineraller gibi ambalajsız katı hammaddelerin dökme yük gemileri (bulk carriers) ile taşındığı segmenttir. Sanayi üretimi ve gıda güvenliği için temel girdileri sağlar.
- Diğer Kategoriler: Bu ana segmentlerin dışında, otomobil, kamyon ve iş makineleri gibi tekerlekli araçların kendi güçleriyle gemiye bindirilip indirildiği Roll-on/Roll-off (Ro-Ro) taşımacılığı; rüzgâr türbini kanatları veya fabrika modülleri gibi standart dışı, büyük ve ağır parçaların taşındığı proje kargosu ve palet, balya veya sandık gibi birimler halinde elleçlenen genel kargo (break bulk) gibi daha niş alanlar da mevcuttur.

1.2.4.2. Sektörün Devleri: Konteyner Hatları ve İttifaklar

Konteyner taşımacılığı pazarı, son yıllarda artan bir yoğunlaşma eğilimi göstererek oligopolistik bir yapıya bürünmüştür. "Büyük ölçek ekonomisi" (economy of scale) ilkesi, bu pazar yapısının temel itici gücüdür. Daha büyük gemiler inşa etmek,

birim (TEU) başına düşen operasyonel maliyetleri düşürür, bu da sadece en büyük sermayeye sahip şirketlerin rekabet avantajı elde etmesini sağlar. Bu acımasız döngü, pazara giriş engellerini yükseltmiş ve daha küçük oyuncuların ya pazar dışına itilmesine ya da büyük şirketler tarafından satın alınmasına yol açmıştır. Sonuç olarak, pazar birkaç dev küresel taşıyıcı tarafından kontrol edilmektedir. Alphaliner'ın en güncel verilerine göre, ilk on şirket küresel konteyner kapasitesinin çok büyük bir bölümünü elinde tutmaktadır. Bu pazar yoğunlaşması, bir yandan operasyonel verimlilik sağlarken, diğer yandan navlun oranları ve kapasite üzerinde önemli bir etkiye sahip olan bu dev şirketlerin pazarlık gücünü artırmaktadır. Bu durum, özellikle küçük ve orta ölçekli ihracatçıları (örneğin çay üreticileri) navlun oranlarındaki dalgalanmalara karşı daha savunmasız bırakmakta ve lojistik maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Bu yoğunlaşmayı daha da pekiştiren bir diğer unsur ise stratejik ittifaklardır. Ocean Alliance (CMA CGM, COSCO Group, Evergreen) ve THE Alliance (Hapag-Lloyd, ONE, HMM, Yang Ming) gibi büyük ittifaklar, üye şirketlerin gemi ve rota ağlarını paylaşarak (vessel sharing agreements) maliyetleri düşürmelerine ve daha geniş bir coğrafyaya hizmet sunmalarına olanak tanır. Bu yapı, rekabeti bireysel şirketler düzeyinden devasa ittifaklar düzeyine taşımaktadır.

Tablo 1. TEU kapasitesine göre ilk 10 konteyner hattı ve pazar payları

Sıra	Şirket Adı	Toplam TEU Kapasitesi	Pazar Payı (%)	Gemi Sayısı	Siparişteki Gemi Kapasitesi (TEU)
1	Mediterranean Shg Co (MSC)	6,779,707	20.8	932	2,262,952
2	Maersk	4,623,462	14.2	744	666,006
3	CMA CGM Group	4,021,617	12.3	688	1,511,080
4	COSCO Group	3,447,635	10.6	534	1,107,524
5	Hapag-Lloyd	2,400,835	7.3	294	369,806
6	ONE (Ocean Network Express)	2,102,829	6.4	274	655,810
7	Evergreen Line	1,874,734	5.7	232	723,915
8	HMM Co Ltd	941,019	2.9	86	60,740
9	Zim	761,068	2.3	124	145,600
10	Yang Ming Marine Transport Corp.	726,031	2.2	101	230,500

1.2.4.3. Küresel Ticaretin Kavşak Noktaları: Mega Limanlar

Küresel ticaretin akışı, dünya genelindeki binlerce liman arasında gerçekleşse de bu trafiğin büyük bir kısmı belirli mega limanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu limanlar, sadece birer yükleme/boşaltma noktası değil, aynı zamanda küresel ve bölgesel ticaret

için hayati önem taşıyan lojistik merkezler (hub) ve aktarma (transshipment) noktalarıdır. Konteyner hacmi (TEU) açısından dünyanın en işlek limanlarının coğrafi dağılımı, küresel üretim ve tüketim merkezleri hakkında net bir tablo sunmaktadır Tradecorp (2024). Bu tablonun en dikkat çekici özelliği, Asya'nın, özellikle de Çin'in ezici üstünlüğüdür. Dünyanın en işlek on limanından yedisinin Çin'de (Hong Kong dahil) ve birinin Singapur'da olması, bu bölgenin "dünyanın fabrikası" konumunu ve küresel tedarik zincirlerindeki merkezi rolünü tartışmasız bir şekilde ortaya koymaktadır. Avrupa'da Rotterdam ve Antwerp-Bruges, Kuzey Amerika'da ise Los Angeles gibi limanlar, kendi kıtaları için ana giriş kapıları olarak hizmet vermekte ve bu bölgelerin küresel ticarete entegrasyonunu sağlamaktadır. Bu mega limanlarda yaşanacak herhangi bir operasyonel aksaklık, grev veya sıkışıklık, etkileri hızla tüm dünyaya yayılan bir domino etkisi yaratma potansiyeline sahiptir.

Tablo 2. TEU hacmine göre dünyanın en işlek 10 konteyner limanı (2024)

Sıra	Liman Adı	Ülke	2024 TEU Hacmi (milyon)
1	Şanghay	Çin	49.15
2	Singapur	Singapur	39.01
3	Ningbo-Zhoushan	Çin	35.30
4	Shenzhen	Çin	29.88
5	Qingdao	Çin	28.77
6	Busan	Güney Kore	23.04
7	Tianjin	Çin	22.16
8	Dubai (Jebel Ali)	BAE	14.47
9	Hong Kong	Çin (ÖİB)	14.40
10	Rotterdam	Hollanda	13.45

1.2.5. Ekonomik Motor: Deniz Taşımacılığının Küresel Etkisinin Nicel Analizi

1.2.5.1. Küresel Deniz Ticareti Hacmi ve Büyüme Dinamikleri

Deniz taşımacılığı, küresel ekonominin sağlığının bir barometresi olarak kabul edilir. UNCTAD'ın "Review of Maritime Transport" serisi, bu alandaki en yetkin veri ve analiz kaynağını sunmaktadır. 2022 yılında yaşanan %0,4'lük hafif daralmanın ardından, küresel deniz ticareti 2023'te toparlanarak 12,292 milyon tona ulaşmış ve %2,4'lük bir büyüme kaydetmiştir (UNCTAD, 2024). Bu toparlanma, küresel ekonomide beklenen resesyonun gerçekleşmemesi ve özellikle büyük ekonomilerin

beklenenden daha dirençli bir performans sergilemesi gibi makroekonomik faktörlerle desteklenmiştir (UNCTAD, 2024). Ancak bu büyüme, kırılğan bir zemin üzerinde durmaktadır. Jeopolitik gerilimler, iklim değişikliğinin neden olduğu aksaklıklar ve süregelen ekonomik belirsizlikler, sektörün istikrarını tehdit eden önemli risk faktörleri olarak varlığını sürdürmektedir.

1.2.5.2. Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar (2024-2029)

UNCTAD'ın orta vadeli projeksiyonları, deniz ticaretinde istikrarlı ancak ılımlı bir büyüme dönemine işaret etmektedir. Bu tahminler, küresel ekonominin normalleşme sürecine girdiği ve pandemi sonrası yaşanan aşırı talep dalgalanmalarının dengelendiği bir senaryoya dayanmaktadır. Toplam Deniz Ticareti: Sektörün 2024 yılında %2 oranında büyümesi beklenmektedir. 2025-2029 dönemini kapsayan beş yıllık periyotta ise yıllık ortalama büyüme oranının %2,4 civarında gerçekleşeceği öngörülmektedir (UNCTAD, 2024). Konteyner Ticareti: 2023'te kaydedilen zayıf %0.3'lük büyümenin ardından, mamul mal ticaretinin göstergesi olan konteyner taşımacılığının 2024'te %3.5'lik daha güçlü bir toparlanma göstermesi beklenmektedir. 2025-2029 dönemi için öngörülen yıllık ortalama büyüme ise %2.7'dir (UNCTAD, 2024). Bu oranlar, sektörün uzun vadeli tarihsel ortalamalarının altında kalsa da, istikrarlı bir talep artışına işaret etmektedir.

Tablo 3. UNCTAD deniz ticareti hacmi projeksiyonları (2024-2029, yıllık değişim %)

Yıl	Toplam Deniz Ticareti Büyüme Oranı (%)	Konteyner Ticareti Büyüme Oranı (%)
2024	2.0	3.5
2025	2.2	3.2
2026	2.2	3.2
2027	2.1	3.0
2028	2.1	2.9
2028-2029	~2.4	~2.7

1.2.5.3. Ton-Mil Analizi: Mesafenin Ekonomisi

Deniz ticaretinin dinamiklerini anlamak için sadece taşınan yükün ağırlığına (ton) bakmak yeterli değildir. Taşınan mesafeyi de hesaba katan "ton-mil" (taşınan ton x kat edilen mil) metriği, sektördeki talep ve verimlilik hakkında daha derin bir anlayış

sunar. 2023 yılında ton-mil büyümesinin (%4,2), ton büyümesinden (%2,4) önemli ölçüde daha hızlı olması, küresel tedarik zincirlerinde yaşanan önemli bir değişimin altını çizmektedir (UNCTAD, 2024). Bu ayrışma, küresel tedarik zincirlerinin bir anlamda "verimsizleştığının" bir göstergesidir. Normal şartlar altında lojistik operasyonların temel amacı, mesafeyi ve dolayısıyla maliyeti en aza indirmektir. Ancak, Ukrayna'daki savaş nedeniyle Rus petrol ve tahılının daha uzak pazarlara yönelmesi, Kızıldeniz'deki güvenlik sorunları ve Panama Kanalı'ndaki kuraklık gibi jeopolitik ve iklimsel şoklar, gemi şirketlerini daha uzun ve dolayısıyla daha maliyetli rotaları kullanmaya zorlamıştır (UNCTAD, 2024). Örneğin, Süveyş Kanalı yerine Afrika'nın güneyindeki Ümit Burnu'nu dolaşmak, bir seyahate binlerce mil ve haftalar ekleyerek hem yakıt tüketimini hem de gemi talebini artırmaktadır. Bu durum, "verimlilik" ile "dayanıklılık" (resilience) arasında artan bir gerilime işaret etmektedir. Şirketler ve ülkeler, en ucuz ve en kısa rota yerine en güvenli ve en öngörülebilir rotayı seçmek zorunda kaldıkça, küresel ticaretin maliyeti ve karbon ayak izi yapısal olarak artmaktadır. Bu paradigma kayması, "tam zamanında üretim" (Just-in-Time) modelinden, envanter tamponları ve rota çeşitlendirmesini önceliklendiren "her ihtimale karşı" (Just-in-Case) stratejilerine doğru bir geçişi tetiklemektedir.

1.2.5.4. Stratejik Geçiş Noktaları (Chokepoints)

Küresel deniz yolları ağı, birkaç dar ve stratejik geçiş noktasına (chokepoints) büyük ölçüde bağımlıdır. Bu coğrafi darboğazlar, küresel ticaretin akışını kontrol etme potansiyeline sahiptir ve bu nedenle hem ekonomik hem de jeopolitik açıdan son derece kritiktir.

- Süveyş Kanalı: Akdeniz'i Kızıldeniz'e bağlayarak Avrupa ve Asya arasındaki en kısa rotayı sunar. Dünya deniz ticaret hacminin yaklaşık %10'u ve küresel konteyner trafiğinin %22'si bu kanaldan geçmektedir (UNCTAD, 2025).
- Malakka Boğazı: Hint Okyanusu ile Pasifik Okyanusu'nu birleştirir. Dünya deniz ticaret hacminin yaklaşık %23,7'si bu dar boğazdan geçerek onu dünyanın en işlek ve en stratejik deniz yollarından biri yapmaktadır (UNCTAD, 2024).

- Panama Kanalı: Atlantik ve Pasifik okyanuslarını birbirine bağlar. Küresel deniz ticaret hacminin yaklaşık %2.16'sını ve özellikle ABD'nin konteyner trafiğinin önemli bir bölümünü kolaylaştırır (UNCTAD, 2024).
- Diğer Kritik Geçitler: Hürmüz Boğazı (küresel petrol arzı için hayati), Cebelitarık Boğazı (Akdeniz'in Atlas Okyanusu'na çıkış kapısı) ve Türk Boğazları (Karadeniz'in dünyaya açılan tek yolu) gibi diğer geçitler de küresel enerji ve emtia güvenliği için vazgeçilmezdir (UNCTAD, 2024).

Bu geçiş noktalarının herhangi birinde yaşanacak bir tıkanıklık, kaza veya jeopolitik istikrarsızlık, küresel tedarik zincirlerinde anında ve geniş kapsamlı aksamalara yol açma potansiyeli taşır.

1.2.6. Çalkantılı Sularda Seyir: Modern Denizcilikte Risklerin Sınıflandırılması

Modern deniz taşımacılığı, küresel ekonominin motoru olmasına rağmen, doğası gereği karmaşık ve çok katmanlı risklere maruz kalan bir sektördür. Bu riskler, operasyonel aksaklıklardan jeopolitik gerilimlere, iklim değişikliğinin somut etkilerinden ekonomik dalgalanmalara kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır.

1.2.6.1. Operasyonel Riskler: Sistemin Kronik Gerilimleri

Liman Sıkışıklığı: Limanlar, küresel tedarik zincirlerinin en kritik düğüm noktalarıdır ve bu noktalardaki verimlilik, tüm sistemin akışını belirler. Son yıllarda, özellikle COVID-19 pandemisi sonrası artan tüketici talebi, konteynerlerin yanlış yerlerde birikmesiyle oluşan dengesizlikler, liman altyapılarının giderek büyüyen mega gemilere uyum sağlamakta zorlanması ve zaman zaman yaşanan iş gücü sorunları (grevler vb.) nedeniyle limanlarda kronik sıkışıklıklar yaşanmaktadır. Bu durum, gemilerin liman açıklarında günlerce beklemesine, teslimat sürelerinin uzamasına ve lojistik maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

Deniz Haydutluğu ve Güvenlik Tehditleri: Deniz haydutluğu, özellikle Malakka Boğazı, Gine Körfezi ve Aden Körfezi gibi "sıcak noktalar" olarak bilinen bölgelerde varlığını sürdüren ciddi bir tehdittir (Denamiel vd. The State of Maritime Supply-Chain Threats 2024). Son dönemde, jeopolitik gerilimlerin bir yansıması olarak Kızıldeniz'de Husi güçleri tarafından ticari gemilere yönelik gerçekleştirilen

saldırıları, bu riskin ne kadar dinamik ve öngörülemez olduğunu göstermiştir (Denamiel vd. The State of Maritime Supply-Chain Threats 2024). Bu tür güvenlik tehditleri, şirketleri daha uzun ve maliyetli rotalara yöneltmekle kalmaz, aynı zamanda sigorta primlerini (war risk insurance) fahiş seviyelere çıkarır ve mürettebatın can güvenliğini tehlikeye atar. Bu durum, gemilere özel güvenlik ekipleri yerleştirilmesi gibi ek maliyetler de doğurmaktadır (International Transport Forum (ITF), The Red Sea Crisis (2024)).

Siber Güvenlik: Denizcilik sektörü, operasyonel verimliliği artırmak için giderek daha fazla dijital teknolojilere ve birbirine bağlı sistemlere bağımlı hale gelmektedir. Bu durum, sektörü siber saldırılara karşı daha savunmasız kılmaktadır. Liman terminal işletim sistemlerine, gemilerin navigasyon ve kontrol sistemlerine veya lojistik yönetimi platformlarına yönelik başarılı bir siber saldırı, operasyonları tamamen durdurma, hassas verileri çalma ve küresel tedarik zincirinde kaos yaratma potansiyeline sahiptir (Durlık vd. 2024).

1.2.6.2. Tedarik Zinciri Kırılmaları: Vaka Analizleri

Son yıllarda yaşanan iki büyük kriz, küresel denizcilik ağının ne kadar kırılgan olduğunu ve tek bir noktadaki bir aksaklığın nasıl küresel bir krize dönüşebileceğini çarpıcı bir şekilde ortaya koymuştur.

- Vaka Analizi 1: Ever Given Krizi (Mart 2021): Olay: Dünyanın en büyük konteyner gemilerinden biri olan 400 metre uzunluğundaki Ever Given'ın, Süveyş Kanalı'nda karaya oturarak dünyanın en işlek ticaret yollarından birini altı gün boyunca tamamen kapatması, modern lojistik tarihinin en dramatik olaylarından biriydi. Etkileri: Bu basit kaza, küresel tedarik zincirinde bir domino etkisi yarattı. Tıkanıklığın küresel ticarete saatlik maliyetinin yaklaşık 400-416 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir. Yüzlerce gemi, kanalın her iki ucunda haftalarca mahsur kaldı. Bu durum, Avrupa ve Asya arasındaki mal akışını felce uğratarak fabrikalarda üretim durmalarına, perakendecilerde stok sıkıntılarına ve navlun fiyatlarında ani artışlara neden oldu. Tek bir şirket olan Maersk'in bile bu olaydan kaynaklanan doğrudan kaybı 89 milyon dolar olarak hesaplanmıştır; bu kaybın en büyük kalemi ise geciken kargoların yarattığı 76 milyon dolarlık envanter taşıma maliyetiydi (Thakur, 2023) Ever Given krizi,

verimlilik adına esneklikten ödün veren "tam zamanında" (JIT) üretim modelinin kırılmasını tüm çıplaklığıyla gözler önüne serdi (Thakur, 2023).

- Vaka Analizi 2: Panama Kanalı Kuraklığı (2023-2024) döneminde iklim değişikliği ile El Niño fenomenisinin ortak etkisi sonucu yaşanan tarihî kuraklık, Panama Kanalı'nın işleyişi açısından kritik öneme sahip olan tatlı su rezervlerini, özellikle de Gatun Gölü'nü, olağan dışı düzeyde düşürmüştür (UNCTAD, 2024). Bu gelişme üzerine Panama Kanalı Otoritesi (ACP), kanal operasyonlarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla daha önce uygulanmamış kapsamda kısıtlayıcı önlemler almak zorunda kalmıştır. Bu önlemler kapsamında, günlük gemi geçiş sayısı kademeli olarak azaltılmış; gemilerin taşıyabileceği maksimum yük kapasitesini doğrudan belirleyen su çekimi (draft) limitleri aşağı yönlü revize edilmiştir (UNCTAD, 2024).

Söz konusu kısıtlamalar, gemilerin tam kapasiteyle yüklenememesine yol açmış ve birçok geminin kanaldan geçiş için haftalarca beklemesini gerektirmiştir. Bu darboğaz sonucunda, özellikle Asya-ABD Doğu Kıyısı hattında faaliyet gösteren küresel taşıyıcılar, Panama Kanalı'nı by-pass ederek daha uzun alternatif rotalara —Süveyş Kanalı ya da Afrika'nın güneyinden geçen Ümit Burnu güzergâhına— yönelmek zorunda kalmıştır. Bu rota değişiklikleri seyahat sürelerini yaklaşık 10 güne kadar uzatmış; yakıt tüketimini, operasyonel maliyetleri ve karbon emisyonlarını kayda değer biçimde artırmıştır (UNCTAD, 2024). Bu kriz, iklim değişikliğinin soyut bir gelecek riski olmaktan çıkarak küresel ticaretin fiziksel altyapısını doğrudan tehdit eden somut ve maliyetli bir faktöre dönüştüğünü açık biçimde ortaya koymuştur.

Bu iki vaka, yüzeysel olarak farklı nedenlere (teknik kaza ve iklim olayı) dayansa da aslında aynı temel zafiyeti, yani küresel tedarik zincirinin "aşırı optimizasyonunu" ortaya çıkarmaktadır. Sistem, on yıllardır maksimum verimlilik ve minimum maliyet hedefiyle, Süveyş ve Panama gibi kritik altyapıların kapasitesinin en üst sınırlarında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yaklaşım, sisteme esneklik veya yedeklilik (redundancy) payı bırakmamış, bu nedenle tek bir noktada meydana gelen bir şokun tüm sistemi felç etmesine zemin hazırlamıştır. Bu durum, risk yönetiminde

sadece bilinen operasyonel risklere değil, aynı zamanda bu tür "sistemik kırılmalıklara" odaklanmanın ne kadar hayati olduğunu göstermektedir.

1.2.6.3. Ekonomik ve Jeopolitik Riskler: Belirsizliğin Yükselişi

Yakıt Fiyatlarındaki Volatilité: Deniz taşımacılığı, operasyonel maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturan yakıtı aşırı derecede bağımlı bir sektördür. Küresel petrol fiyatlarındaki ani artışlar veya dalgalanmalar, taşıyıcıların kârlılığını doğrudan etkiler. Bu maliyet artışları, genellikle "Bunker Adjustment Factor" (BAF) gibi navlun fiyatlarına eklenen değişken ücretler aracılığıyla doğrudan müşterilere, yani ihracatçılara ve ithalatçılara yansıtılır (Wang vd. 2011).

Ticaret Savaşları ve Korumacılık: ABD ile Çin arasında yaşanan ticaret savaşı gibi korumacı politikalar, küresel ticaret akışlarını yeniden şekillendirme potansiyeline sahiptir. Belirli ürünlere uygulanan yüksek gümrük vergileri, bu ürünlerin ticaret hacmini düşürebilir veya üretim merkezlerinin başka ülkelere kaymasına neden olarak geleneksel ticaret rotalarını değiştirebilir. Bu tür politikalar, küresel talep üzerinde bir baskı yaratarak ve yatırım ortamında belirsizlik oluşturarak denizcilik sektörü için bir risk teşkil eder (Sonmez, 2019).

Jeopolitik Çatışmalar: Silahlı çatışmalar ve bölgesel istikrarsızlıklar, deniz ticareti üzerinde ani ve şiddetli etkilere sahiptir. Rusya'nın Ukrayna'yı işgali, Karadeniz'deki tahıl ve petrol ticaretini derinden etkilemiş, küresel gıda ve enerji güvenliği endişelerini artırmıştır (Durlık vd. 2024). Benzer şekilde, Kızıldeniz'de Hüsü güçlerinin saldırıları, dünyanın en önemli deniz yollarından birini fiilen kullanılamaz hale getirmiş, gemileri binlerce millik ek yol yapmaya zorlamış ve küresel navlun oranlarında sadece birkaç hafta içinde %100'ü aşan artışlara neden olmuştur (International Transport Forum (ITF), The Red Sea Crisis (2024)).

Bu olaylar, jeopolitik risklerin tedarik zincirlerini ne kadar hızlı ve maliyetli bir şekilde kesintiye uğratabileceğinin canlı örnekleridir.

2. TÜRKİYE’DE ÇAY ÜRETİMİNİN TARİHSEL SÜRECİ VE LOJİSTİK DİNAMİKLERİ

2.1. Türkiye'de Çay Tarımının Kökenleri ve Gelişimi

Türk çay sektörünün bugünkü yapısını ve dinamiklerini anlamak, onun serbest piyasa koşullarında kendiliğinden gelişen bir endüstri olmadığını, aksine Cumhuriyet'in erken dönemlerinde stratejik bir bölgesel kalkınma aracı olarak devlet tarafından bilinçli bir şekilde tasarlandığını ve inşa edildiğini kavramayı gerektirir. Doğu Karadeniz bölgesinin coğrafi izolasyonu, sınırlı tarım arazisi ve ekonomik fırsat eksikliği, bölgeyi yoğun dış göç veren bir coğrafya haline getirmişti (Karaçimen vd. 2025) Yeni kurulan Cumhuriyet hükümeti, bu ciddi sosyo-ekonomik soruna bir çözüm olarak, bölgenin eşsiz iklimine son derece uygun, emek-yoğun ve katma değerli bir ürün olan çayı stratejik bir enstrüman olarak belirledi. Devlet, tohum sağlamaktan fabrika kurmaya, alım garantisi vermekten tekel oluşturmaya kadar tüm değer zincirini ÇAYKUR aracılığıyla bizzat kontrol ederek endüstriyi sıfırdan yarattı. Bu durum, çay tarımını ekonomik bir faaliyet olmanın ötesinde, bölge halkını toprağa bağlayan, göçü önleyen ve devlete olan bağlılığı pekiştiren bir sosyal politika aracına dönüştürdü. Dolayısıyla, bugünkü pazar yapısı dahi – ÇAYKUR'un devam eden etkisi, küçük aile işletmelerinin hakimiyeti – bu "kurucu devlet" mirasının doğrudan bir yansımasıdır (ÇAYKUR t.y.)

2.1.1. Osmanlı'dan Cumhuriyet'e: İlk Denemeler ve Zihni Derin'in

Mirası

Türkiye'de çay tarımına yönelik ilk girişimler 1917 yılına kadar uzansa da, bu denemeler sistematik bir başarıya ulaşamamıştır. Sektörün gerçek anlamda temelleri, yeni kurulan Cumhuriyet'in bir modernleşme ve kalkınma hamlesi olarak, Ziraat Umum Müfettişi Zihni Derin'in vizyoner liderliğinde atılmıştır (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021), 1924 yılında Rize ve çevresinde yaptığı incelemeler sonucunda bölgenin iklim ve toprak yapısının çay tarımı için son derece elverişli olduğunu tespit eden Derin, Gürcistan'ın Batum kentinden getirdiği çay tohumları ve fidanlarıyla ilk deneme bahçelerini kurmuştur. Bu ilk adımlar, sadece tarımsal bir deneme olmanın ötesinde, bölgenin kaderini değiştirecek uzun soluklu bir projenin başlangıcı olmuştur. İlk

anlamalı ürün hasadı ise 1938 yılında gerçekleştirilmiştir (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021).

2.1.2. Devlet ve Çaykur arasındaki ilişki

Çay tarımının başarılı olabileceğinin kanıtlanmasının ardından devlet, bu ürünü bölgenin temel geçim kaynağı haline getirmek için bir dizi yasal ve kurumsal düzenleme yapmıştır. 1940 yılında çıkarılan 3788 sayılı Çay Kanunu ile çay tarımı devlet güvencesi altına alınmış ve üretimin lisansa tabi olması sağlanmıştır (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021). Bunu, 1942'de çay alım, satım ve işleme faaliyetlerinde devlet tekelinin kurulması izlemiştir. Bu tekelci yapının endüstriyel ayağı, 1947 yılında Rize'de günlük 60 ton işleme kapasitesiyle kurulan ilk çay fabrikasıyla somutlaşmıştır. Sektörün kurumsallaşmasındaki en önemli adım, 1971 yılında çıkarılan 1497 sayılı kanunla tüm yetkilerin yeni kurulan Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne (ÇAYKUR) devredilmesiyle atılmıştır. 1973'ten 1984'e kadar süren bu dönemde ÇAYKUR, yaş çay alımından kuru çay üretimine, paketlemeden pazarlamaya kadar tüm süreçlerde mutlak bir tekel konumunda faaliyet göstermiştir (Yazıcı ve Turgay, t.y) Bu dönem, sektörün altyapısının kurulması, fabrika sayısının artırılması ve üretim teknolojilerinin geliştirilmesi açısından kritik bir rol oynamıştır. ÇAYKUR, bu süreçte sadece bir üretici değil, aynı zamanda bölgedeki istihdamın, fiyat politikasının ve dolayısıyla sosyo-ekonomik düzenin merkezi aktörü haline gelmiştir.

Tablo 4. Türkiye'de çay üretiminin tarihsel dönüm noktaları

Yıl	Olay/Gelişme	Önemi/Etkisi
1917	İlk çay tarımı denemeleri	Rize'de çay yetiştirme potansiyelinin ilk kez fark edilmesi.
1924	Zihni Derin'in Rize'de başlattığı çalışmalar	Gürcistan'dan getirilen tohumlarla sistematik ve bilimsel çay tarımının temellerinin atılması.
1938	İlk kapsamlı yaş çay hasadı	Bölgede çay tarımının ticari olarak viable olduğunun kanıtlanması (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021).
1940	3788 Sayılı Çay Kanunu'nun çıkarılması	Çay tarımının devlet güvencesi altına alınması ve üretimin lisansa bağlanması (Yazıcı ve Turgay, t.y.).

Tablo 4 (Devam). Türkiye'de çay üretiminin tarihsel dönüm noktaları

1947	Rize'de ilk çay fabrikasının açılması	Endüstriyel çay üretiminin başlangıcı ve işleme kapasitesinin oluşturulması.
1971	ÇAYKUR'un kurulması	Çay ile ilgili tüm faaliyetlerin tek bir devlet kurumu altında toplanması ve tekel döneminin başlaması (Yazıcı ve Turgay, t.y.).
1984	ÇAYKUR tekelinin kaldırılması	Pazarın özel sektöre açılması, rekabetin başlaması ve pazar dinamiklerinin değişmesi (Yazıcı ve Turgay, t.y.).
2007	ÇAYKUR'un ilk organik çay projesini başlatması	Sürdürülebilir ve katma değerli üretime yönelik ilk önemli adımın atılması (Yazıcı ve Turgay, t.y.).

2.1.3. 1984 Sonrası Dönem: Piyasada Serbestleşme ve Özel Sektörün

Doğuşu

1980'lerde Türkiye ekonomisinde başlayan liberalleşme rüzgarları, çay sektörünü de etkilemiştir. 1984 yılında ÇAYKUR'un tekelinin kaldırılması, sektör için bir dönüm noktası olmuştur. Bu karar, özel sektör kuruluşlarının da yaş çay alımı yapmasına, işleme ve paketlenme tesisleri kurmasına olanak tanımıştır (Yazıcı ve Turgay, t.y.). Bu liberalleşme adımı, piyasada rekabeti artırmış, ürün çeşitliliğini ve pazarlama faaliyetlerini canlandırmıştır. Ancak aynı zamanda, kalite kontrolü, fiyat istikrarsızlığı ve markasız, denetimsiz üretim gibi yeni zorlukları da beraberinde getirmiştir. Özel sektörün pazara girişiyle birlikte pazar dinamikleri köklü bir şekilde değişse de ÇAYKUR köklü altyapısı, geniş dağıtım ağı ve devlet destekli alım politikalarıyla pazardaki dominant konumunu uzun yıllar korumuştur ve günümüzde de önemli bir pazar payına sahiptir (Saklı A.S. 2019).

2.2. Hasat ve Fabrikaya Ulaşım: Yaş Çayın Lojistik Serüveni

Türk çay tedarik zincirinin en özgün ve belirleyici karakteristiği, daha ilk halkasında, yani hasat ve taşıma aşamasında, tamamen coğrafyanın dikte ettiği koşullar tarafından şekillendirilmesidir. Rize ve çevresinin sarp ve engebeli topoğrafyası, geniş ve düz arazilerde yapılan endüstriyel tarımı imkânsız kılmaktadır. Çay bahçeleri, modern tarım makinelerinin ve standart lojistik araçların erişemeyeceği dik yamaçlarda konumlanmıştır. Bu durum, hasat edilen tonlarca yaş çayın insan gücüyle taşınmasını verimsiz ve maliyetli hale getirmiştir. Bu coğrafi zorluğa bir

özüm olarak bölge halkı, kendi mühendislik dehasını kullanarak "varangel" adı verilen ilkel teleferik sistemlerini geliştirmiştir. İki nokta arasına gerilmiş elik halatlar ve basit motorlarla çalışan bu sistemler, basit bir taşıma yöntemi olmanın ötesinde, endüstrinin dağlık araziye adaptasyonunun somut bir sembolüdür. Bu özgün lojistik çözüm, tedarik zincirine ek bir aşama ve ek bir risk katmanı (arızalar, kazalar) ekleyerek, Türk ayının maliyet yapısını ve lojistik karmaşıklığını daha ilk kilometrede diğerk üretici ülkelerden radikal bir şekilde ayrıştırmaktadır.

2.2.1. Hasat (Koparma): Doğı Karadeniz'de Üç Sürgün ve Sosyo-Ekonomik Yapı

Türkiye'de çay hasadı, bölgenin ekolojik koşullarına bağılı olarak, genellikle yılda üç kez gerçekleştirilen ve "sürgün" olarak adlandırılan dönemlerde yapılır. İlk sürgün mayıs ayında, ikinci sürgün Haziran-Temmuz aylarında ve üçüncü sürgün ise Eylül ayında toplanır (Yazıcı ve Turgay, t.y.) ay tarımı, endüstriyel ölçekten ziyade, büyük çoğunluğu (%80) 0.5 hektardan (5 dönüm) daha küçük arazilere sahip olan yaklaşık 205,000 küçük çiftçi ailesi tarafından yürütölen, emek-yoğun bir faaliyetir (Yazıcı ve Turgay, t.y.). Bu küçük ölçekli yapı, mekanizasyondan çok insan emeğine dayalı bir üretim modelini zorunlu kılmaktadır. Hasat sürecinde, geleneksel olarak kadınların tarlada çay toplama işini üstlendiğı, erkeklerin ise daha çok karar alma, pazarlık ve satış süreçlerinde rol aldığı bir iş bölümü gözlemlenmektedir. Son yıllarda, özellikle hasat dönemlerindeki yoğun iş gücü ihtiyacını karşılamak üzere, başta Gürcistan'dan gelen erkek işçiler olmak üzere mevsimlik göçmen emeğine olan bağımlılık artmıştır (Karaçimen vd. 2025).

2.2.2. Alım Merkezleri ve Tartım Süreçleri

ay yaprağı, toplandıktan sonra hızla oksidasyona uğrayan ve kalitesini yitiren hassas bir üründür. Bu nedenle, hasat edilen taze yaprakların bozulmayı önlemek amacıyla aynı gün içinde satılması kritik bir öneme sahiptir(Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021). Çiftçiler, topladıkları yaş çay yapraklarını çuvallara doldurarak, köylerde veya yol kenarlarında bulunan alım noktalarına ulaştırırlar. Bu noktalar; ÇAYKUR'a ait resmi alım yerleri, özel sektör fabrikalarının kendi alım merkezleri veya herhangi bir tüzel kişiliğı olmayan ve "spotçu," "kantarcı" ya da "peşinci" olarak adlandırılan

bireysel araçlar olabilir (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021). Bu alım noktalarında çaylar tartılır ve üreticiye ödemesi yapılır. ÇAYKUR'un belirlediği taban fiyat ve alım standartları genellikle piyasa için bir referans teşkil etse de özel sektör firmaları kendi kalite ve fiyat politikalarını uygulayabilmektedir. Bu durum, zaman zaman alım standartlarında farklılıklara ve dolayısıyla nihai ürün kalitesinde değişkenliğe yol açabilmektedir.

2.2.3. Coğrafyanın Dayattığı Çözümler: Kamyonlardan İlkel Teleferiğe (Varangel) Taşıma Dinamikleri

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin, özellikle de Rize'nin dağlık ve derin vadilerle bölünmüş coğrafi yapısı, çay tedarik zincirinin ilk ve en kritik lojistik aşamasını şekillendiren temel unsurdur. Çay bahçelerinin büyük bir kısmının dik yamaçlarda ve karayolu ulaşımının olmadığı bölgelerde bulunması, standart lojistik yöntemlerini işlevsiz kılmaktadır. Bu benzersiz coğrafi engele karşı, bölge halkı tarafından geliştirilen ve "varangel" olarak da bilinen ilkel teleferik sistemleri, yaş çayın taşınmasında hayati bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, bir yamaçın üst noktası ile yol kenarındaki bir alt nokta arasına gerilen çelik bir halat ve bu halat üzerinde hareket eden basit bir makara/vagon sisteminden oluşur. Genellikle küçük bir elektrik motoru veya benzinli motorla çalıştırılan bu teleferikler, çay dolu çuvalların yüzlerce metre yükseklikten vadi tabanlarına veya kamyonların ulaşabildiği yollara indirilmesini sağlar. Bu yöntem, insan gücüyle taşınması neredeyse imkânsız olan tonlarca çayın hızlı bir şekilde alım noktalarına ulaştırılmasına olanak tanır. Ancak bu ilkel teleferikler, standart güvenlik önlemlerinden yoksun olmaları nedeniyle sık sık arızalara ve maalesef ciddi kazalara da neden olabilmektedir (Ketenci vd. 2021). Yol kenarına veya alım merkezlerine indirilen çay çuvalları, buradan kamyonetler ve kamyonlar aracılığıyla toplanarak, işlenmek üzere bölgedeki çay fabrikalarına sevk edilir. Bu iki aşamalı taşıma süreci (teleferik + karayolu), yaş çay yaprağının tazeliğini kaybetmeden fabrikaya ulaştırılması gereken zamanla yarışında kritik bir lojistik operasyondur.

2.3. Siyah Çayın Kimyasal ve Fiziksel Dönüşümü: İşleme Aşamaları

Yaş çay yaprağının fabrikaya ulaşmasıyla birlikte, onu aromatik, lezzetli ve uzun ömürlü bir ürüne dönüştüren hassas ve bilimsel bir dizi işlem başlar. Bu süreç, sadece mekanik adımlardan ibaret olmayıp, çayın kimyasal yapısını temelden değiştiren, kontrolü ve uzmanlık gerektiren bir dönüşümdür. Her bir aşama, nihai ürünün rengini, tadını, kokusunu ve kalitesini doğrudan etkiler. Kullanıcı tarafından talep edilen adımlar da dahil olmak üzere, bu karmaşık süreç ve devamındaki açıklamalarda detaylandırılmıştır (ÇAYKUR t.y.).

Tablo 5. Siyah çay işleme aşamaları, süreçleri ve amaçları

Aşama	Teknik Süreç	Amaç	Kaliteye Etkisi
Soldurma	Yaprakların, %70-80 olan su oranının, ısıtılarak veya hava akımıyla %50-55 seviyesine düşürülmesi.	Yaprağa fiziksel esneklik kazandırmak, onu kıvrırma işleminde kırılmayacak hale getirmek.	Yetersiz soldurma, kıvrırmada yaprakların parçalanmasına; aşırı soldurma ise hücre özsuynunun yetersiz çıkmasına ve zayıf oksidasyona neden olur.
Kıvrırma/Yuvarlama	Soldurulmuş yaprakların, özel makinelerde ezilmesi, bükülmesi ve parçalanması.	Hücre duvarlarını kırarak içindeki polifenoller ve enzimleri (polifenol oksidaz) açığa çıkarmak ve oksijenle temasını başlatmak.	Kıvrırma derecesi, oksidasyonun hızını ve homojenliğini belirler. Çayın burukluğunu ve renginin koyuluğunu etkiler.
Oksidasyon	Kıvrılmış yaprakların, kontrollü sıcaklık (20–30°C) ve nemde (%90-95) belirli bir süre bekletilmesi.	Polifenollerin enzimler aracılığıyla oksijenle reaksiyona girerek theaflavin (parlaklık, canlılık) ve thearubigin (renk, gövde) gibi bileşiklere dönüşmesini sağlamak.	Çayın kendine has renginin, aromasının ve lezzet karakterinin oluştuğu en kritik aşamadır. Sürenin ve koşulların yanlış ayarlanması, çayın tadının ham veya acı olmasına yol açar.
Fırınlama/Piştirme	Oksidasyonu tamamlanmış yaprakların, sıcak hava fırınlarında (90–100°C) kurutulması.	Enzimatik reaksiyonları (oksidasyonu) yüksek ısıyla aniden durdurmak ve çayın nem oranını %3-4'e düşürerek mikrobiyal bozulmayı önlemek ve raf ömrünü uzatmak.	Fırınlama sıcaklığı ve süresi, çayın son aromasını ve nem oranını belirler. Aşırı fırınlama "yanık" bir tat verirken, yetersiz fırınlama çayın nemli kalmasına ve küflenmesine neden olur.

Tablo 5 (Devam). Siyah çay işleme aşamaları, süreçleri ve amaçları

Tasnif/Sıralama	Fırından çıkan kuru çayların, farklı boyutlardaki eleklerden geçirilerek sınıflandırılması.	Çayı partikül büyüklüğüne göre (ince, orta, kalın, toz vb.) ayırarak homojen kalitede ürün grupları oluşturmak.	Farklı boyuttaki çay partikülleri farklı demleme özelliklerine sahiptir. Bu ayırım, harmanlama ve standardizasyon için temel oluşturur.
Paketleme	Farklı kalitelerdeki çayların, belirlenen reçetelere göre harmanlanarak çeşitli gramajlarda paketlenmesi.	Çayı nem, ışık, hava ve yabancı kokulardan koruyarak tazeliğini ve aromasını muhafaza etmek; tüketiciye sunuma hazır hale getirmek.	Ambalaj materyalinin kalitesi, ürünün raf ömrünü ve tüketiciye ulaştığı andaki kalitesini doğrudan etkiler.
İstifleme	Paketlenmiş ürünlerin depolarda, sevkiyat için düzenli ve hasar görmeyecek şekilde istiflenmesi.	Envanter yönetimini kolaylaştırmak, lojistik operasyonları hızlandırmak ve ürünlerin fiziksel bütünlüğünü korumak.	Yanlış istifleme, ambalajların ezilmesine ve ürünün zarar görmesine yol açabilir.

2.3.1. Soldurma: Nem Oranının Düşürülmesi

Fabrikaya gelen taze çay yaprakları, yaklaşık %70-80 oranında su içerir. Bu yüksek nem oranı, yaprakları kırılgan yapar ve doğrudan kıvrırma işlemine alınmalarını engeller. Soldurma aşamasında, yapraklar geniş teknelere serilir ve alttan verilen sıcak hava veya doğal hava akımı ile su oranları %50-55 seviyelerine düşürülür. Bu işlem, yapraklara elastikiyet kazandırarak, bir sonraki mekanik işlem olan kıvrırma sırasında parçalanmalarını önler. Soldurma süresi ve sıcaklığı, çayın nihai kalitesi üzerinde belirleyici bir rol oynar (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021).

2.3.2. Kıvrırma (Yuvarlama): Hücre Özsuyunun Çıkarılması ve Oksidasyonun Başlatılması

Soldurularak esneklik kazanan çay yaprakları, "roller" adı verilen özel makinelerde kıvrırma işlemine tabi tutulur. Bu işlem sırasında yapraklar ezilir, bükülür ve hücre duvarları parçalanır. Bu mekanik etki, yaprakların hücre özsuyunun dışarı çıkmasını ve içerisindeki kimyasal bileşiklerin (özellikle polifenoller) ve enzimlerin (polifenol oksidaz) hava ile temas etmesini sağlar. Bu temas, bir sonraki ve en kritik aşama olan oksidasyonun başlangıcıdır (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021).

2.3.3. Oksidasyon (Fermantasyon): Çayın Karakterinin Oluşumu

Geleneksel olarak "fermantasyon" olarak adlandırılrsa da aslında mikrobiyal bir faaliyetten ziyade enzimatik bir kimyasal reaksiyon olan oksidasyon, siyah çayın kendine has rengini, aromasını ve lezzetini kazandığı aşamadır. Kıvrılmış yapraklar, sıcaklık ve nem oranı hassas bir şekilde kontrol edilen odalarda serilerek belirli bir süre bekletilir. Bu süreçte, polifenol oksidaz enzimi, polifenolleri oksijenle birleştirerek theaflavinler (çaya parlaklık ve canlı burukluk veren) ve thearubiginler (çaya kırmızımsı rengini ve dolgun gövdesini veren) gibi yeni bileşiklere dönüştürür. Oksidasyon süresi, çayın karakterini belirleyen en önemli faktördür ve çay ustasının tecrübesiyle belirlenir (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021).

2.3.4. Fırınlama (Pişirme): Oksidasyonun Durdurulması ve Kurutma

İstenen oksidasyon seviyesine ulaşıldığında, bu kimyasal reaksiyonun derhal durdurulması gerekir. Bu amaçla, yapraklar yüksek sıcaklıktaki (90–100°C) fırınlara alınır. Fırınlama işlemi, yüksek ısıyla enzimleri etkisiz hale getirerek oksidasyonu sonlandırır. Aynı zamanda, yaprağın nem oranını %3-4 gibi çok düşük seviyelere indirerek, çayın uzun süre bozulmadan saklanabilmesini sağlar. Fırınlama sıcaklığı ve süresi, çayın son lezzet profilini ve aromasını da etkiler (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021).

2.3.5. Tasnif (Sıralama): Kalite ve Boyuta Göre Sınıflandırma

Fırından çıkan kuru çay, farklı büyüklüklerde ve yoğunluklarda partiküllerden oluşan heterojen bir kütledir. Tasnif aşamasında, bu kütle, farklı göz açıklıklarına sahip eleklerden geçirilerek boyutlarına göre sınıflandırılır. Bu işlem sonucunda, yaprak büyüklüğüne göre ince, orta, kalın ve toz gibi farklı kalitelere çaylar elde edilir. Bu sınıflandırma, daha sonra yapılacak olan harmanlama (blending) işlemi için temel oluşturur ve ürün standardizasyonunu sağlar (Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021).

2.4. Mamul Çayın Lojistiği: Paketlemeden Dağıtıma

Çayın fabrikadaki fiziksel ve kimyasal dönüşümü tamamlandıktan sonra, onu nihai tüketiciye ulaştıracak olan karmaşık lojistik süreci başlar. Bu süreç, ürünün kalitesini korumaktan, pazarın her köşesine zamanında ulaştırmaya kadar bir dizi kritik

operasyonu içerir. Türkiye'de bu süreç, pazarın iki ana aktörü olan ÇAYKUR ve özel sektörün benimsediği farklı lojistik felsefeleriyle şekillenir. ÇAYKUR, bir devlet kurumu olmasının getirdiği sosyal sorumlulukla, kârlılığı ikinci planda tutarak ülkenin her noktasına ulaşmayı hedefleyen bir "yaygın bulunurluk" stratejisi izler. Bu model, geniş, maliyetli ve daha az esnek bir lojistik ağı gerektirir. Buna karşın özel sektör, kârlılık odaklı bir yaklaşımla, lojistik ağlarını en yoğun tüketimin olduğu ve dağıtım maliyetlerinin en verimli olduğu organize perakende kanalları ve büyük şehirlerde yoğunlaştıran bir "hedefli verimlilik" stratejisi benimser (United States Department of Agriculture project 2025). Bu iki farklı model, pazarın farklı segmentlerinde (geleneksel bakkallar vs. büyük süpermarketler) farklı güç dengeleri yaratarak Türkiye'deki çay dağıtım ağının hibrit yapısını oluşturur.

2.4.1. Paketleme: Aroma ve Tazeliğin Korunması

Çay, higroskopik (çevresindeki nemi emen) ve yabancı kokuları kolayca absorbe eden son derece hassas bir üründür (Selvaraj vd. 2024) Bu nedenle paketleme, sadece bir ambalajlama işlemi değil, aynı zamanda ürünün tazeliğini, aromasını ve kalitesini korumaya yönelik kritik bir stratejidir. Türkiye'deki modern çay paketleme tesislerinde, ürünü nem, ışık, oksijen ve dış kokulardan korumak için genellikle alüminyum folyo içeren çok katmanlı, yüksek bariyer özellikli ambalaj malzemeleri kullanılır. Paketleme, hem dökme çaylar için büyük gramajlı torbalarda hem de nihai tüketiciye yönelik daha küçük kutu ve poşetlerde yapılır. İhracat için ise paketleme, uluslararası gıda güvenliği ve etiketleme standartlarına uygun olarak gerçekleştirilir.

2.4.2. İstifleme ve Depolama Yönetimi

Paketlenen çaylar, sevkiyata hazır hale gelene kadar depolarda saklanır. Bu aşamada doğru istifleme ve depolama koşulları, ürün kalitesinin korunması ve lojistik verimlilik açısından hayati önem taşır. Ürünler genellikle paletler üzerinde istiflenir. İstif yüksekliğinin doğru ayarlanması, alttaki paketlerin ezilmesini ve zarar görmesini önler. Depoların sıcaklık ve nem oranlarının kontrol altında tutulması, çayın nem çekerek bozulmasını veya aromasını kaybetmesini engeller. Etkin bir envanter yönetimi sistemi, depodaki ürünlerin takibini kolaylaştırır, sipariş karşılama sürelerini kısaltır ve lojistik planlamanın temelini oluşturur.

2.4.3. Dağıtım Ağları Lojistik Modelleri

Bu modelin temelini, stratejik olarak belirlenmiş 9 ilde bulunan Pazarlama Bölge Müdürlükleri oluşturur. Her bölge müdürlüğü, kendine bağlı çevre illerden oluşan bir hinterlandı yönetir. Bu yapı aracılığıyla, 81 ilde faaliyet gösteren yaklaşık 154 bayi (139 normal bayi + 15 EDT bayi) vasıtasıyla ürünlerin ülkenin en ücra köşesindeki bakkal ve marketlere kadar ulaştırılması hedeflenir. ÇAYKUR'un bayilik sistemi, bayilerin yeterli depo kapasitesine, belirli standartlarda (renk, dizayn) araç filosuna ve kendi bölgelerindeki tüm perakende noktalarına doğrudan satış yapma yükümlülüğüne dayanır. Bu model, sosyal bir misyonla (herkese ulaşım) şekillenmiş olup, pazarın her segmentinde bulunurluk sağlamayı amaçlar.

Dağıtım ağları, özellikle tüketimin yoğun olduğu büyük şehirler ve organize perakende zincirleri (süpermarketler, hipermarketler) üzerinde yoğunlaşır (United States Department of Agriculture project 2025). Örneğin, Lipton markalı soğuk çay ürünleri, PepsiCo'nun Türkiye'deki güçlü ve yaygın içecek dağıtım ağından faydalanarak geniş bir kitleye ulaşır. Bu model, daha az bayi ile daha hedefli bir pazara odaklanarak lojistik maliyetlerini optimize etmeyi amaçlar.

2.4.4. İhracat Lojistiği: Limanlar, Prosedürler ve Risk Yönetimi

İç Taşıma ve Limanlar: Rize ve çevresindeki fabrikalarda üretilen ihraçlık çaylar, öncelikle karayoluyla Türkiye'nin büyük limanlarına taşınır. Coğrafi yakınlık nedeniyle Trabzon ve Samsun limanları önemli çıkış noktalarıdır. Ancak daha büyük hacimli ve konteynerize sevkiyatlar için İstanbul (Ambarlı) ve Mersin gibi uluslararası bağlantıları güçlü limanlar da yoğun olarak kullanılır. Gerekli Belgeler: Türk çayının uluslararası pazarlara sorunsuz bir şekilde girebilmesi için bir dizi resmî belgenin eksiksiz hazırlanması gerekmektedir. Bu belgeler arasında en önemlileri şunlardır:

- Ticari Fatura (Commercial Invoice): Malın tanımını, miktarını, birim fiyatını ve toplam değerini içeren satış belgesi.
- Konşimento (Bill of Lading): Taşıyıcı firma tarafından düzenlenen, malın yüklendiğini teyit eden ve mülkiyetini temsil eden belge.
- Menşe Şahadetnamesi (Certificate of Origin): Ürünün Türkiye'de üretildiğini kanıtlayan ve bazı ülkelerin gümrük vergisi indirimlerinden yararlanmak için talep ettiği belge.

- Fitosanitari Sertifika (Phyosanitary Certificate): Ürünün bitki sağlığı açısından uluslararası standartlara uygun olduğunu, zararlı organizmalar içermediğini gösteren ve özellikle tarım ürünleri ithalatında zorunlu olan belge.

Deniz Aşırı Taşımacılık Riskleri ve Yönetimi: Çayın denizaşırı sevkiyatı sırasında karşılaşılan en büyük risklerden biri, konteyner içindeki nem ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan bozulmalardır. Özellikle farklı iklim kuşakları arasında yapılan uzun yolculuklarda, "konteyner yağmuru" (container rain) veya "kargo terlemesi" (cargo sweat) olarak bilinen olgular meydana gelebilir. Bu durum, konteynerin metal yüzeyleri dışarıdaki soğuk havayla temas ettiğinde, içerideki sıcak ve nemli havanın yoğunlaşarak su damlacıkları oluşturması ve kargonun üzerine damlamasıyla oluşur. Bu risk, özellikle kış aylarında Asya-Avrupa rotasında %50'lere varan bir olasılıkla gerçekleşebilir (Yuen vd., 2022) Bu tür nem hasarını önlemek için en etkili yöntemlerden biri, konteyner içine yüksek emiciliğe sahip kurutucular (desiccants) yerleştirmektir. Özellikle kalsiyum klorür (CaCl_2) bazlı kurutucular, kendi ağırlıklarının %300'üne kadar nem emme kapasiteleriyle silika jel gibi geleneksel kurutuculardan çok daha etkilidir ve çay gibi hassas ürünlerin kalitesini korumada kritik bir rol oynar.

2.5. Türkiye Çay Sektörünün Güncel Panoraması ve Gelecek Vizyonu

Türkiye çay sektörü, köklü tarihsel mirasından ve devlet korumacılığından beslenen yapısını, günümüzün dinamik ve rekabetçi pazar koşullarına adapte etmeye çalışmaktadır. Pazar, bir yanda hala en büyük oyuncu olan devlet kurumu ÇAYKUR, diğer yanda ise uluslararası devler ve güçlü yerel markaların yer aldığı konsolide bir yapı sergilemektedir. Bu rekabet ortamı, yüksek üretim maliyetleri, kalite standardizasyonu sorunları ve iklim değişikliğinin artan tehditleri gibi yapısal meselelerle birleşerek sektörü yeni stratejiler geliştirmeye zorlamaktadır. Gelecek vizyonu ise organik tarım, sürdürülebilirlik sertifikasyonları ve uluslararası markalaşma gibi katma değerli alanlara yönelimi işaret etmektedir.

Tablo 6. Türkiye çay piyasası pazar payları (2023 verileri)

Şirket	Pazar Payı (%)	Şirket Profili
ÇAYKUR	35.6	Devlet Kurumu
Lipton	25.4	Uluslararası
Doğuş Çay	10.9	Yerel
Doğadan	8.1	Yerel (Coca-Cola İçecek bünyesinde)
Diğerleri	20.0	Çeşitli

2.5.1. Sektörün Temel Meseleleri: Maliyet, Kalite, İklim Değişikliği ve Kaçak Çay

Türk çay sektörü, potansiyelini tam olarak kullanmasını engelleyen bir dizi yapısal sorunla karşı karşıyadır:

- **Yüksek Üretim Maliyetleri:** Çay tarımının küçük ve dağınık arazilerde, emek-yoğun yöntemlerle yapılması, işçilik maliyetlerini artırmaktadır. Yüksek gübre fiyatları ve coğrafi koşulların getirdiği lojistik zorluklar da eklendiğinde, Türk çayının üretim maliyeti, iş gücünün daha ucuz olduğu diğer üretici ülkelere kıyasla oldukça yüksektir. Bu durum, Türk çayının uluslararası pazarlardaki rekabet gücünü ciddi şekilde kısıtlamaktadır (Uzundumlu vd. 2022).
- **Kalite Standardizasyonu Sorunu:** ÇAYKUR'un, sosyal politikalar gereği belirlediği taban fiyat üzerinden, genellikle kalite ayrımı yapmaksızın alım yapması, üreticileri daha kaliteli (örneğin sadece üst iki yaprak ve tomurcuk) yerine, daha fazla miktarda yaprak toplamaya teşvik etmektedir. Bu durum, genel kalite ortalamasının düşmesine neden olmakta ve kaliteli yaprak tedarik etmek isteyen özel sektör firmalarını da zorlamaktadır (Uzundumlu vd. 2022).
- **İklim Değişikliğinin Etkileri:** Doğu Karadeniz bölgesi, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı oldukça hassastır. Artan ortalama sıcaklıklar, düzensiz ve ani yağış rejimleri, sel ve heyelan riskinin artması, yeni zararlı türlerin ortaya çıkması gibi faktörler, çay bitkisinin gelişimini, verimini ve en önemlisi de aromasını oluşturan kimyasal bileşenleri tehdit etmektedir. Bilimsel çalışmalar, iklim değişikliğinin uzun vadede çay üretim alanlarının

daralmasına ve kalitenin düşmesine yol açabileceğini göstermektedir (Ahmed vd., 2021).

- Kaçak Çay Sorunu: Özellikle komşu ülkelerden yasa dışı yollarla Türkiye'ye sokulan ve daha düşük fiyatlı olan kaçak çay, hem yerli üreticiler için haksız rekabet yaratmakta hem de vergi kaybına neden olmaktadır. Ayrıca, bu ürünlerin herhangi bir kalite ve gıda güvenliği denetiminden geçmemesi, halk sağlığı açısından da risk oluşturmaktadır (Uzundumlu vd. 2022).

2.5.2. Gelecek Eğilimleri: Organik Tarım, Sürdürülebilirlik ve Markalaşma Stratejileri

Bu zorluklara yanıt olarak, Türk çay sektörü geleceğini katma değerli ve sürdürülebilir üretim modelleri üzerine inşa etmeye çalışmaktadır:

Organik Tarım: Tüketicilerin sağlıklı ve doğal ürünlere yönelik artan talebi, organik çay tarımını sektör için önemli bir fırsat haline getirmiştir. ÇAYKUR'un 2007 yılında Rize'nin Hemşin ilçesinde başlattığı organik tarım projesi, bu alandaki öncü adımlardan biridir (Yazıcı ve Turgay, t.y). Bugün binlerce çiftçi, kimyasal gübre ve pestisit kullanmadan üretim yapmaktadır. Organik çay, hem daha yüksek bir fiyata sahip olmasıyla üretici gelirini artırmakta hem de bölgenin hassas ekosistemini korumaktadır.

Sürdürülebilirlik Sertifikasyonları: Uluslararası pazarlarda rekabet edebilmek ve büyük markaların tedarik zincirlerine dahil olabilmek için sürdürülebilirlik standartlarına uyum giderek daha önemli hale gelmektedir. JDE Peet's gibi küresel firmaların, Rainforest Alliance gibi kuruluşlarla iş birliği yaparak Türkiye'deki tedarik zincirlerini sürdürülebilirlik standartlarına göre dönüştürme çabaları, bu eğilimin en somut örneklerindendir. Bu projeler, binlerce çiftçiye iyi tarım uygulamaları, biyoçeşitliliğin korunması ve sosyal sorumluluk konularında eğitimler vermektedir (Rainforest Alliance, 2023).

Markalaşma ve Coğrafi İşaret: Türk çayının, uluslararası piyasalarda düşük fiyatlı bir emtia olarak rekabet etmesi yerine, "Rize Çayı" gibi coğrafi işaretlerle korunan, kendine özgü aroması ve kalitesiyle öne çıkan bir "marka" olarak konumlandırılması, sektörün en önemli gelecek stratejilerinden biridir. Bu yaklaşım,

ürünün katma değerini artırarak hem üretici gelirlerini yükseltebilir hem de Türkiye'nin küresel çay pazarındaki imajını güçlendirebilir (Çaymer, 2018).



3. KÜRESEL ÇAY PİYASASI: 2024-2025 ÜRETİM, TİCARET VE TÜKETİCİ TRENDLERİ ANALİZİ

3.1. Piyasa Büyüklüğü, Büyüme ve Ekonomik Önem

Küresel çay piyasası, karmaşık ve çok katmanlı bir yapıya sahiptir ve değerlemesi, analizin kapsamına (örneğin, ham yaprak maliyeti karşısında perakende değeri) bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu farklılık, piyasanın çeşitli segmentlerinin derinlemesine anlaşılmasını gerektirmektedir. 2024 yılı itibarıyla, bir analiz piyasa büyüklüğünü 25.6 milyar USD olarak tahmin ederken, diğer çalışmalar 2023 için 70.83 milyar USD, 2024 için 80.94 milyar USD veya 2024 için 17.42 milyar USD gibi farklı rakamlar sunmaktadır. Bu değişkenlik, piyasanın farklı tanımlarını ve metodolojilerini yansıtmaktadır ve bütüncül bir bakış açısı için bu çeşitliliğin kabul edilmesi önemlidir. Bu değerlendirme farklılıklarına rağmen, piyasanın büyüme yörüngesi konusunda güçlü bir fikir birliği mevcuttur. 2030-2033 dönemine kadar yıllık bileşik büyüme oranının (CAGR) %4,5 ile %6,7 arasında olacağı öngörülmektedir. Bu istikrarlı büyümenin arkasındaki ana itici güç, özellikle gelişmekte olan ve yükselen ekonomilerdeki güçlü taleptir (Imarc, 2025). Bu bölgelerdeki artan gelir seviyeleri, kentleşme ve değişen yaşam tarzları, çay tüketimini artırmaktadır. Çayın ekonomik önemi, salt piyasa değerinin ötesine geçmektedir. Dünya genelinde yaklaşık 13 milyon insanın, özellikle de gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ölçekli çiftçilerin geçim kaynağıdır (IISD, 2024). Bu ekonomiler için çay, sadece bir tarım ürünü değil, aynı zamanda önemli bir ihracat geliri kaynağıdır ve kırsal kalkınmada, yoksulluğun azaltılmasında ve gıda güvenliğinin sağlanmasında hayati bir rol oynamaktadır.

3.2. Temel Dinamik: Üretim Fazlası ve Geri Kalan Tüketim

Piyasayı tanımlayan en kritik yapısal özelliklerden biri, üretim ve tüketim arasındaki dengesizliktir. Küresel çay üretimi 2023 yılında 6.7 milyon metrik tona (MMT) ulaşmıştır (IISD, 2024), Uluslararası Çay Komitesi (ITC) verileri ise bu rakamı 6.604 MMT olarak teyit etmektedir (ITC, 2024). Bu üretim seviyesi, küresel talebi sürekli olarak aşmaktadır. 2023 yılında görünür küresel tüketim 6.212 MMT olarak gerçekleşmiş ve bu durum, 392,000 metrik tonluk rekor düzeyde bir arz-talep açığı yaratmıştır (ITC, 2024). Bu dinamiğin bir diğer önemli boyutu ise ticaret

akışlarıdır. Küresel çay üretiminin yalnızca %26'sı ihraç edilmekte, büyük bir çoğunluğu ise üretici ülkelerde yerel olarak tüketilmektedir (ITC, 2024). Bu durum, Çin ve Hindistan gibi dev üreticilerin iç pazarlarının ne denli büyük ve stratejik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

3.3. Kişi Başı Tüketim: İki Dünyanın Hikayesi

Gelişmekte olan ülkeler üretimin merkez üssü olsa da kişi başı tüketim verileri farklı bir coğrafi dağılımı ortaya koymaktadır. Türkiye, yıllık kişi başı 3,16 kg ile dünya lideridir; bazı veriler bu rakamın 4.6 kg'a kadar çıktığını göstermektedir. Bu, Türkiye'de çayın sadece bir içecek değil, aynı zamanda derin bir kültürel alışkanlık olduğunun altını çizmektedir. Buna karşılık, en büyük üreticiler olan Çin (0,57 kg) ve Hindistan (0,33 kg) gibi ülkelerde kişi başı tüketim oranları nispeten düşüktür. Bu durum, bu devasa nüfuslu ülkelerin kendi iç pazarlarında muazzam bir büyüme potansiyeli barındırdığını göstermektedir. İrlanda (2,36 kg) ve Birleşik Krallık (1,82 kg) gibi “geleneksel ithalat pazarlarındaki yüksek tüketim oranları, bu pazarların olgunluğunu ve istikrarını teyit etmektedir (Statista Research Department. 2016)

Tablo 7. Kilit küresel pazarlarda kişi başı çay tüketimi (kg/yıl)

Sıra	Ülke	Tüketim (kg/kişi)	Pazar Tipi
1	Türkiye	3.16	Üretici/Tüketici
2	İrlanda	2.36	İthalatçı
3	Azerbaycan	2.10	İthalatçı
4	Birleşik Krallık	1.82	İthalatçı
5	İran	1.50	İthalatçı
6	Pakistan	1.50	İthalatçı
7	Rusya	1.38	İthalatçı
8	Fas	1.22	İthalatçı
9	Yeni Zelanda	1.19	İthalatçı
10	Şili	1.19	İthalatçı

Bu tablo, en yoğun çay tüketim kültürlerinin mutlaka en büyük üreticiler olmadığını açıkça göstermektedir. Bu durum, pazar yapısını anlamada kritik bir noktadır. Türkiye ve İrlanda gibi ölkelerdeki derin kültürel yerleşiklik, bu pazarları istikrarlı ve olgun hale getirirken; Hindistan ve Çin gibi üretici ölkelerdeki düşük kişi başı oranları, muazzam bir büyüme potansiyeline işaret etmektedir. Bu ölkelerde kişi başı tüketimde yaşanacak en küçük bir artış bile, küresel talepte devasa bir hacim artışına neden olacaktır. Bu potansiyel, "iç tüketim tamponu" olarak adlandırılabilcek stratejik bir unsuru gündeme getirmektedir. Veriler, Çin ve Hindistan gibi büyük üreticilerin kendi üretimlerinin %80'inden fazlasını iç pazarda tükettiğini göstermektedir (IISD 2024). Bu durum, bu ölkeleri Kenya ve Sri Lanka gibi ihracata bağımlı ekonomilerden temelden ayırmaktadır. Küresel fiyat şokları, jeopolitik istikrarsızlıklar veya Batılı tüketici trendlerindeki değişimler ihracat odaklı ekonomileri ciddi şekilde etkileyebilirken, Çin ve Hindistan'ın devasa i pazarları bir "şok emici" görevi görmektedir. Bu i talep, küresel dalgalanmalara karşı bir taban seviyesinde istikrar sağlayarak çay endüstrilerini daha dirençli kılmaktadır. Bu, risk değerlendirmesi ve yatırım stratejisi için hayati bir analizdir.

3.4. Kilit Gelişmekte Olan Ölkelerin Üretim ve İhracat Analizi

3.4.1. Çin

Çin, küresel çay üretiminin yaklaşık %50'sini tek başına gerçekleştirerek dünyanın en büyük üreticisi konumundadır. Ülkenin üretim hacmi, 2022'deki 3.18 MMT'den 2023'te yaklaşık 3.25 MMT'ye yükselerek istikrarlı bir artış göstermiştir (IISD 2024). Bu üretim hakimiyeti, ihracat performansına da yansımaktadır. 2023 yılında 1,39 milyar USD'lik ihracat değeriyle Çin, dünyanın en büyük çay ihracatçısıdır. Özellikle yeşil çay ihracatında ezici bir üstünlüğe sahip olup, küresel pazarın %75'inden fazlasını kontrol etmektedir. Siyah ay ihracatı ise 2023'te 44,270 metrik ton hacimle 337,3 milyon USD değerine ulaşmıştır (World Bank, 2023). Başlıca ihracat pazarları arasında Amerika Birleşik Devletleri önemli bir büyüme potansiyeli sunmaktadır (Filipenco, 2025)

3.4.2. Hindistan

Hindistan, 2023 yılında 1.37 MMT'lik üretimiyle dünyanın en büyük ikinci çay üreticisidir (IISD 2024). Üretim, ağırlıklı olarak Assam ve Batı Bengal'in Darjeeling gibi dünyaca ünlü bölgelerinde yoğunlaşmaktadır (IISD 2024). Hindistan, özellikle siyah çay ihracatında önemli bir oyuncudur ve 2023'te 204,187 metrik tonluk ihracatla 596,6 milyon USD gelir elde ederek bu alanda üçüncü sırada yer almıştır (Filipenco, 2025). Rusya ve Birleşik Arap Emirlikleri, Hindistan çayı için önemli pazarlar arasındadır (Tea and Herbal Association of Canada, 2024) Ancak Hindistan'ın pazar dinamiğini belirleyen en kritik faktör, üretiminin yaklaşık %80'inin yurt içinde tüketilmesidir. Bu durum, üretim ölçeğine kıyasla ihracat hacmini sınırlamakta ve ülkeyi küresel fiyat dalgalanmalarına karşı daha korunaklı hale getirmektedir.

3.4.3. Kenya

Kenya, 2023'te 570,000 metrik tonluk üretimiyle dünyanın üçüncü büyük üreticisi olmasına rağmen, siyah çay ihracatında hacim bazında dünya lideridir 2023 yılında 545,574 metrik ton siyah çay ihraç ederek 1,3 milyar USD gelir elde etmiştir (World Bank, 2023). Çay, Kenya ekonomisinin temel taşlarından biridir ve ülkenin toplam ihracat portföyünün %15,9'unu oluşturarak bu alanda dünyada ilk sırada yer almaktadır (Filipenco, 2025). Bu yüksek bağımlılık, Kenya ekonomisini küresel çay fiyatlarındaki dalgalanmalara ve iklim kaynaklı üretim şoklarına karşı son derece hassas kılmaktadır.

3.4.4. Sri Lanka

Sri Lanka, 2023 yılında 256,090 metrik ton çay üreterek 2022'deki 251,500 tonluk üretimine göre hafif bir artış kaydetmiş, ancak tarihi zirvelerinin altında kalmıştır. Üretiminin %90'ını, kendine özgü lezzet profiliyle bilinen ortodoks çay oluşturmaktadır. Sri Lanka, 2023 yılında 619 milyon USD'lik değeriyle en büyük ikinci siyah çay ihracatçısı olmasına rağmen, 135,669 metrik tonluk hacmiyle dördüncü sırada yer almıştır. Bu durum, "Ceylon Çayı" markası altında pazarlanan ürünlerinin daha yüksek birim fiyata sahip olduğunu göstermektedir. Hacimdeki düşüşe rağmen toplam çay ihracat gelirinin 2023'te 1,31 milyar USD'ye ulaşarak rekor

kırması, ülkenin katma değerli ürünlere odaklanma stratejisinin başarısını ortaya koymaktadır (Mel, 2023).

3.4.5. Türkiye

Türkiye, dünyanın en büyük beş çay üreticisinden biridir. 2023 yılında 1.356 milyon metrik ton çay yaprağı hasat edilmiş ve bu hasattan 343,500 ton işlenmiş çay elde edilmiştir (Musa Y. 2024). Ancak Türkiye'nin pazar karakteristiğini belirleyen ana unsur, üretimden ziyade tüketimdir. Dünyanın en yüksek kişi başı çay tüketimine sahip olan ülke, üretiminin büyük bir kısmını iç pazarda tüketmektedir. İthalat, %145 gibi yüksek gümrük vergileriyle korunmakta ve oldukça sınırlı kalmaktadır. İhracat ise büyümekle birlikte henüz küçük ölçeklidir ve 2023 yılında, başta Avrupa ülkeleri olmak üzere, 5,300 ton olarak gerçekleşmiştir (Musa Y. 2024).

Tablo 8. Başlıca üretici ülkelerde küresel çay üretimi (2024-2025, hektar alan)

Ülke	2024 Üretimi (bin ha)	2025 Üretimi (bin ha)	Yıllık Değişim (%)
Çin	2.807	2.945	+4.9
Hindistan	617	619	+0.3
Sri Lanka	267	269	+0.7
Kenya	226	228	+0.8
Türkiye	79	79	0

Bu karşılaştırmalı tablo, arz tarafındaki temel dinamikleri net bir şekilde ortaya koymaktadır. Çin'in istikrarlı büyümesi, Hindistan'ın göreceli durağanlığı ve Sri Lanka'nın üretim seviyelerini toparlama çabası dikkat çekicidir. Bir tedarik zinciri yöneticisi için bu tablo, hızlı bir risk değerlendirmesi sunar. Üretimi durağan veya düşüşte olan tek bir ülkeye (Sri Lanka gibi) aşırı bağımlılık risklidir. Tedarik kaynaklarını Çin veya Vietnam gibi istikrarlı veya büyüyen üretim hacmine sahip ülkelere doğru çeşitlendirmek, açık bir stratejik zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo 9. Dünya yaş çay ihracat (bin ton) bazında ilk 5 çay ihracatçısı ÷lke (2022-2023)

Sıra	÷lke	2022	2023
1	Kenya	552	559
2	Çin	375	368
3	Sri Lanka	247	238
4	Hindistan	231	227
5	BAE	77	82

Değer ve hacim verilerinin yan yana incelenmesi, önemli stratejik farklılıkları gözler önüne sermektedir. Kenya hacimde liderken, değerde Çin'in gerisindedir. Sri Lanka ise değer sıralamasında hacim sıralamasına göre çok daha üst sıralarda yer almaktadır. Bu durum, Sri Lanka gibi bazı ÷lkelerin "katma değer" (markalaşma, kalite) stratejisinde başarılı olduğunu, Kenya gibi diğerlerinin ise öncelikli olarak emtia pazarında hacim üzerinden rekabet ettiğini göstermektedir. Bu analiz, rekabetçi konumlandırmayı anlamak ve hangi ulusların değer zincirinde başarılı bir şekilde yükseldiğini belirlemek için hayati önem taşımaktadır.

3.5. Çay Piyasasını Yeniden Şekillendiren Baskın Tüketici Trendleri

3.5.1. Sağlık ve Zindelik Zorunluluğu

Piyasadaki en belirgin ve güçlü trend, tüketicilerin çayı şekerli içeceklere sağlıklı bir alternatif olarak görmesidir. Bu algı, çayın birçok segmentinde büyümeyi tetiklemektedir. Tüketiciler artık sadece bir içecek değil, aynı zamanda bağışıklık desteği, rahatlama, sindirim kolaylığı ve zihinsel odaklanma gibi belirli işlevsel faydalar sunan çayları aktif olarak aramaktadır. Bu talep, zerdeçal, zencefil, ashwagandha, moringa ve hatta CBD gibi fonksiyonel bileşenler içeren yeni ürün lansmanlarında bir patlamaya yol açmıştır. Bu eğilim, özellikle yeşil çay ve bitki çayı segmentlerinin hızlı büyümesinin arkasındaki ana motordur. (Maciejewski, 2024).

3.5.2. Premiumlaşma ve Özel Çayların Yükselişi

Küresel özel çay pazarı, 2023 yılında 6 milyar USD değerine ulaşmış olup, %6'lık bir CAGR ile büyüyerek 2033 yılına kadar 10 milyar USD'yi aşması beklenen, hızla genişleyen bir segmenttir. Bu büyümenin temelinde, artan harcanabilir gelirler ve tüketicilerin benzersiz tatlar, üstün kalite, özgünlük ve zanaatkar üretim yöntemlerine yönelik artan talebi yatmaktadır. Bu "deneyimsel" boyut, özellikle Y ve Z kuşakları için çekicidir. Özel çay pazarında en büyük paya yeşil çay sahipken, bu niş içindeki en hızlı büyümenin, benzersiz lezzet profilleri ve infüzyon potansiyeli nedeniyle siyah çaydan gelmesi beklenmektedir. (Avinash, 2024)

3.5.3. Sürdürülebilirlik, İzlenebilirlik ve Etik Kaynak Kullanımı

Tedarik zincirinde şeffaflığa yönelik güçlü ve büyüyen bir tüketici talebi mevcuttur. Tüketiciler, içtikleri çayın kökenini bilmek istemekte ve satın alma kararlarını giderek daha fazla etik ve çevresel referanslara dayandırmaktadır (Cypherexim). Rainforest Alliance ve Fair Trade gibi üçüncü taraf sertifikaları, bu noktada kritik bir pazar farklılaştırıcısı haline gelmiştir. Bu sertifikalar, sürdürülebilir tarım uygulamaları (daha az kimyasal kullanımı, toprak koruma), işçilere daha iyi muamele ve çiftçiler için adil ekonomik getiri sağlama konusunda güvence vermektedir. Büyük şirketler de bu talebe, iddialı sürdürülebilir kaynak sağlama hedefleri belirleyerek yanıt vermektedir. Örneğin, 2020 yılında büyük üreticiler tarafından satın alınan 2.2 MMT çayın %71'i sürdürülebilir kaynaklardan temin edilmiştir, bu da önceki yıllara göre önemli bir artışı temsil etmektedir (IISD 2024).

3.5.4. Kolaylık ve Tüketime Hazırlık

Tüketime hazır çay pazarı, 2024 yılında 39,5 milyar USD değerinde olan ve %5,8'lik bir CAGR ile büyümesi öngörülen devasa bir segmenttir. RTD çay ve kahve pazarının toplam değerinin ise yaklaşık 120 milyar USD olduğu tahmin edilmektedir. Kolaylık bu pazarın birincil itici gücü olsa da artık sağlık ve zindelik trendi tarafından da şekillendirilmektedir. Tüketiciler, düşük/şekersiz seçenekler, temiz etiketler (yapay içerik olmaması) ve fonksiyonel faydalar talep etmektedir. Ayrıca, plastikten uzaklaşarak geri dönüştürülebilir kutu ve şişeler gibi daha sürdürülebilir ambalajlara yönelik güçlü bir eğilim bulunmaktadır (Pulidindi, 2025).

Tablo 10. Türe göre küresel çay piyasası segmentasyonu – tahmini pazar payı ve öngörülen

Çay Türü	Tahmini Pazar Payı (2024)	Öngörülen CAGR (%)	Pazar Dinamiği
Siyah Çay	~%40-42	Düşük-Orta (~%4-5)	Olgun, Hacim Lideri
Yeşil Çay	~%30-35	Yüksek (~%7-9.8)	Sağlık Odaklı Büyüme
Oolong Çayı	~%5-8	Orta	Niş, Premium Büyüme
Bitki/Meyve Çayı	~%15-20	Yüksek (~%7-8)	Fonksiyonel, İnovasyon Lideri

3.6. İklim Değişikliğinin Varoluşsal Tehdidi

İklim değişikliği, çay endüstrisi için tek ve en büyük tehdittir. Çay, aşırı hava koşullarına karşı oldukça hassas olan, yağmurla beslenen bir üründür ve bu koşullara son derece duyarlı bölgelerde yetiştirilmektedir. Artan sıcaklıklar, düzensiz ve şiddetli yağışlar ve uzun süreli kuraklıklar, halihazırda verimi düşürmekte ve kilit bölgelerdeki uygun ekim alanlarını daraltmaktadır. 2050 yılına yönelik bir tahmin, Kenya'daki optimal yetiştirme alanlarının %26,2, Sri Lanka'dakilerin ise %14 oranında küçülebileceğini öngörmektedir (Mowbary, 2024). Hindistan'ın Assam bölgesi ise 2050 yılına kadar üretimde %40'a varan bir düşüşle karşı karşıya kalabilir (Ahmed vd., 2021). İklim kaynaklı stres, çay bitkisindeki biyokimyasal süreçleri bozarak kateşin ve flavonoid seviyelerini değiştirmektedir. Bu durum, yüksek değerli özel çay pazarının temelini oluşturan eşsiz lezzet ve aroma profillerini doğrudan bozmaktadır (Omer, 2025). Ayrıca, daha sıcak hava koşulları, zararlı böcek ve hastalıkların artmasına neden olmakta, bu da daha fazla pestisit kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu durum hem üretim maliyetlerini artırmakta hem de tüketicilerin temiz etiketli ürünlere yönelik talebiyle çelişmektedir (FAO, 2024)

3.6.1. Süregelen Ekonomik ve Sosyal Baskılar

Emtia pazarındaki yapısal arz fazlası, ham çay yaprağı fiyatlarını düşük ve değişken tutmaktadır (International Institute for Sustainable Development (IISD), 2024). Küçük çiftçiler genellikle üretim maliyetlerini karşılamaya yetmeyen, iklim

adaptasyonu veya sürdürülebilir uygulamalara yatırım yapmayı bir yana bırakan fiyatlar almaktadır (IISD, 2024). Çay endüstrisi, özellikle küresel kahve pazarından gelen yoğun bir rekabetle karşı karşıyadır ve bu durum, standart ürünler için fiyatları artırma kabiliyetini sınırlamaktadır (Barry, 2022). Endüstri ayrıca, birçok üretici bölgede işgücü kıtlığı, düşük ücretler ve kötü çalışma koşulları gibi sorunlarla boğuşmaktadır; bu da işgücünün uzun vadeli sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Masato 2024).

3.6.2. Stratejik Görünüm ve Öneriler

3.6.2.1. Üreticiler (Çiftçiler ve Mülk Sahipleri) için

Değer Zincirinde Yükselme: Odak noktasını ham yaprak satışından, katma değerli ürünlerin (özel tek mülk çayları, organik çaylar, özel karışımlar) üretimine kaydırmak, düşük fiyatlı emtia tuzağından kurtulmanın en geçerli yoludur. İklim Adaptasyonuna Yatırım: Tarımsal ormancılık (gölge ağaçları), toprak ve su koruma ve kuraklığa/sıcağa dayanıklı çay çeşitlerinin ekilmesi gibi iklime dayanıklı tarım uygulamalarını hayata geçirmek zorunludur (Savcı, 2019).

3.6.2.2. İhracatçılar ve Ulusal Çay Kurulları İçin

Pazar Çeşitlendirmesi: Orta Doğu ve Kuzey Amerika'nın özel segmenti gibi yüksek büyüme potansiyeli olan bölgeleri hedefleyerek birkaç büyük ithalat pazarına olan bağımlılığı azaltmak gerekmektedir. Ulusal Markaları Tanıtma: "Ceylon Çayı" veya "Darjeeling" gibi ulusal çay kimliklerinin markalaşmasına ve pazarlanmasına yatırım yaparak, fiyat primi getiren bir kalite itibarı oluşturmak önemlidir.

3.6.2.3. Uluslararası Alıcılar ve Markalar İçin

Paylaşılan Sorumluluğu Benimseme: Basit satın alma işlemlerinin ötesine geçerek, tedarik zinciri direncine doğrudan yatırım yapmak gerekmektedir. Bu, çiftçilerin daha sürdürülebilir ve iklime dayanıklı uygulamalara geçişini finanse etmelerine yardımcı olmak için "Sürdürülebilirlik Farkı" ödemeyi veya "Sürdürülebilirlik Yatırımları" yapmayı içerir. İklim Araştırmalarını Destekleme: Üretici ülkelerdeki araştırma kurumlarıyla ortaklık kurarak, iklime dayanıklı çay

çeşitleri ve adaptasyon teknikleri üzerine yapılan araştırmaları finanse etmek, sektörün geleceği için bir yatırımdır.

Piyasanın değer artışı, benzersiz ve yüksek kaliteli lezzet profilleriyle tanımlanan premium ve özel çaylara dayanmaktadır. Ancak, iklim değişikliği, bitkinin biyokimyasını değiştirerek tam da bu lezzet profillerini oluşturan bileşikleri sistematik olarak bozmaktadır. Bu durum, potansiyel bir "iklim-kalite kısır döngüsü" yaratmaktadır: pazar değerini artıran faktör (kalite), endüstrinin en büyük tehdidi (iklim değişikliği) tarafından aşındırılmaktadır. Bu, özel segmentin uzun vadeli karlılığının, çiftlik düzeyinde büyük ve acil iklim adaptasyonu yatırımları olmaksızın yüksek risk altında olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda, iklim değişikliğinin adaptasyon için yüksek sermaye yatırımı gerektirmesi, tüketicilerin maliyetli sertifikalara olan talebi ve sürekli düşük emtia fiyatları gibi zorlukların birleşimi, küçük ve sermayesi yetersiz çiftçiler için giderek daha düşmanca bir ekonomik ortam yaratmaktadır. Dünyadaki çayın çoğunluğunu bu küçük çiftçiler üretse de (International Institute for Sustainable Development (IISD), 2024), bu baskılarla başa çıkmak için en az donanıma sahip olanlar da onlardır. Bunun mantıksal uzun vadeli sonucu, pazar konsolidasyonudur. Daha büyük, iyi finanse edilen mülkler ve şirketler, adaptasyona yatırım yapma, sertifikasyonları elde etme ve fiyat dalgalanmalarını atlatma konusunda daha iyi bir konumda olacaktır. Bu durum, milyonlarca küçük çiftçinin endüstriden çıkmak zorunda kalmasına, gelişmekte olan ülkelerin kırsal bölgelerinde önemli sosyal ve ekonomik bozulmalara yol açabilir ve küresel çay arzının yapısını temelden değiştirebilir.

4. İLGİLİ ULUSAL VE ULUSLARARASI STANDARTLAR, MEVZUAT VE UYGULAMALAR

4.1. Genel Bakış ve Kapsam

Siyah çayın tarladan toplanıp uluslararası pazarlardaki nihai tüketiciye ulaşması, çok katmanlı ve birbiriyle entegre olmuş bir standartlar ve düzenlemeler ağı tarafından yönetilen karmaşık bir süreçtir. Bu düzenleyici çerçeve, operasyonun her aşamasında emniyeti, güvenliği, kaliteyi ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak üzere tasarlanmıştır. Bu ağ, küresel denizcilik operasyonlarını yöneten en üst düzey uluslararası sözleşmelerden, taşınan ürünün gıda güvenliğini temin eden endüstri standartlarına ve ürünün menşe ülkesindeki kalite ve ihracat kriterlerini belirleyen ulusal mevzuatlara kadar uzanır. Bu bölüm, siyah çayın deniz yoluyla taşınması sürecini doğrudan etkileyen bu temel ulusal ve uluslararası standartları detaylı bir şekilde incelemektedir.

4.2. Gıda Lojistiğinde Uyumun Stratejik Önemi

Küresel gıda ticaretinin hacimsel olarak %80'inden fazlasının deniz yoluyla gerçekleştirildiği bir dünyada, uluslararası ve ulusal standartlara uyum, yasal bir zorunluluğun ötesinde, stratejik bir rekabet avantajı ve pazar erişim anahtarı haline gelmiştir (UNCTAD, 2025d). Gıda ve tarım ürünlerinin, özellikle de çay gibi yüksek değerli ve hassas malların taşınması, "tarladan sofraya" uzanan tedarik zincirinin en kritik ve riskli halkalarından birini oluşturmaktadır. Bu süreçteki en ufak bir hata, ürünün kalitesini, güvenliğini ve ticari değerini geri dönülmez bir şekilde yok edebilir. Bu analiz, gıda ve tarım ürünlerinin uluslararası taşımacılığını düzenleyen karmaşık standartlar ve mevzuat ağını kapsamlı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Analiz, genel gıda lojistiği prensipleri ve en iyi uygulamalardan başlayarak, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) gibi kurumların belirlediği küresel kuralları detaylandırmaktadır. Analizin son ve en odaklı bölümü ise, Türkiye'nin ihracat mevzuatını ve bu çerçevenin stratejik bir tarım ürünü olan çayın ihracatına yönelik spesifik uygulamalarını ele almaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, ihracatçılara, lojistik

sağlayıcılara ve politika yapıcılara, küresel pazarlarda başarılı olmak için gereken uyum gereklilikleri konusunda derinlemesine bir yol haritası sunmaktadır.

4.2.1. Gıda ve Tarım Ürünleri Lojistiğinin Temel Esasları ve Risk Yönetimi

4.2.1.1. Gıda Tedarik Zincirinde Taşımanın Kritik Rolü

Taşıma, gıda tedarik zincirinin sadece bir lojistik operasyonu değil, aynı zamanda ürün kalitesinin ve güvenliğinin korunduğu dinamik bir süreçtir. Ürünün hasat edildiği veya üretildiği noktadan tüketiciye ulaştığı ana kadar geçen sürede maruz kaldığı koşullar, raf ömrünü, besin değerini ve en önemlisi insan sağlığına uygunluğunu doğrudan etkiler. Tedarik zincirinde meydana gelen kesintiler, liman sıkışıklıkları veya lojistik hatalar, sadece gecikmelere ve mali kayıplara yol açmakla kalmaz, aynı zamanda gıda israfına, marka itibarının zedelenmesine ve ciddi gıda güvenliği krizlerine neden olabilir (Denamiel, 2025). Bu nedenle, gıda lojistiği, bir malın fiziki hareketinden çok daha fazlasını ifade eder; bu, ürünün biyolojik ve kimyasal bütünlüğünü koruma bilimidir.

4.2.1.2. En İyi Lojistik Uygulamaları: Paketleme, Yükleme ve Depolama

Tanımlanan riskleri etkin bir şekilde yönetmek, bilimsel prensiplere ve uluslararası standartlara dayalı en iyi lojistik uygulamalarının titizlikle hayata geçirilmesini gerektirir. Ambalajlama: Ürünün ilk savunma hattı ambalajıdır. Çayın nem, ışık ve kokudan korunması için en etkili yöntemlerden biri, iç yüzeyi alüminyum folyo, polipropilen veya polietilen ile kaplanmış kontrplak sandıklar veya çok katmanlı kağıt torbalar kullanmaktır (Çaykur 1984). Ambalaj malzemelerinin kendisinin gıdaya uygun olması ve herhangi bir kimyasal veya fiziksel kontaminasyon riski taşımaması esastır. Konteyner Seçimi ve Hazırlığı: Yalnızca "gıda sınıfı" (food-grade) olarak sınıflandırılan konteynerler kullanılmalıdır. Bu, konteynerin daha önce toksik veya tehlikeli kimyasallar taşımamış olmasını, su ve hava sızdırmazlığını, yapısal olarak sağlam (geçerli bir CSC plakasına sahip) ve tamamen temizlenip kokudan arındırılmış olmasını garanti eder. Yükleme ve İstifleme: Yükleme operasyonları, ürünlerin yağmur gibi olumsuz hava koşullarından korunacağı şekilde planlanmalıdır.

Konteyner içinde hava sirkülasyonunu sağlamak ve yoğuşmayı önlemek amacıyla, yüklerin duvarlarla doğrudan temasını kesen ahşap veya plastik ara boşluk malzemeleri (dunnage) ve paletler kullanılmalıdır. Çay sandıklarının mekanik dayanıklılığı sınırlı olduğundan, üreticinin veya uluslararası standartların belirlediği istif yüksekliklerine kesinlikle uyulmalı, aşırı yüklemekten kaçınılmalıdır.

4.2.1.3. Gıda Güvenliğinde İzlenebilirlik Sistemlerinin Önemi

İzlenebilirlik, modern gıda tedarik zincirinin temel taşlarından biridir. Bir gıda güvenliği sorunu (örneğin, izin verilen limitlerin üzerinde pestisit kalıntısı tespiti veya mikrobiyolojik bir kontaminasyon) ortaya çıktığında, etkilenen ürünün kaynağını, dağıtım ağını ve ulaştığı son noktaları saniyeler veya dakikalar içinde tespit etme yeteneği, halk sağlığını korumak ve ekonomik kayıpları en aza indirmek için hayati önem taşır. Etkin bir izlenebilirlik sistemi, her bir ürün partisine veya lotuna atanan benzersiz kimlik numaraları aracılığıyla, ham maddeden nihai ürüne kadar tüm tedarik zinciri boyunca fiziksel ürün akışı ile bilgi akışını birbirine bağlar (Liu vd. 2018). Bu sistemler, sadece kriz anında geri çağırma operasyonlarını kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda tedarik zinciri verimliliğini artırır, envanter yönetimini optimize eder, sahteciliği önler ve en önemlisi, şeffaflık sağlayarak tüketici güvenini pekiştirir.

4.2.2. Uluslararası Denizcilik ve Gıda Güvenliği Standartları

Gıda ürünlerinin uluslararası sular üzerinden taşınması, birden fazla ülkenin ve kurumun düzenlemesine tabi olan karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte, IMO, ISO ve FAO/WHO gibi kuruluşların belirlediği standartlar, küresel ticaretin sorunsuz ve güvenli bir şekilde işlemesi için temel bir çerçeve oluşturur.

4.2.2.1. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) Düzenlemeleri ve Gıda Taşımacılığına Etkileri

Birleşmiş Milletler'in uzman bir kuruluşu olan IMO, denizciliğin güvenliği, emniyeti ve çevresel performansını düzenleyen küresel bir çerçeve sunar. Gıda taşımacılığı doğrudan veya dolaylı olarak birçok IMO sözleşmesinin kapsamına girer.

SOLAS (Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi): Denizcilikteki en önemli güvenlik sözleşmesi olan SOLAS'ın özellikle Kısım VI (Yüklerin Taşınması)

ve Kısım VII (Tehlikeli Maddelerin Taşınması) bölümleri gıda lojistiği için kritiktir. Kısım VI, tüm yüklerin (dökme olmayan katı yükler dahil) gemi ve personel için bir tehlike oluşturmayacak şekilde istiflenmesini, sabitlenmesini ve emniyete alınmasını zorunlu kılar. Bu kural, çay gibi hassas ambalajlara sahip ürünlerin, seyahat boyunca mekanik hasarlardan korunması için temel bir yasal güvence sağlar.

MARPOL (Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi): Bu sözleşmenin Ek V (Gemilerden Kaynaklanan Çöp ile Kirliliğin Önlenmesi Kuralları) bölümü, ambalaj atıklarının yönetimini düzenler. Ek V, her türlü plastiğin denize atılmasını kesin bir dille yasaklar. Bu yasak, çay ihracatçılarının ambalaj malzemesi seçimini doğrudan etkiler. Plastik içeren ambalaj atıklarının gemide biriktirilip limanlardaki atık kabul tesislerine teslim edilmesi zorunludur. Bu durum, sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir ambalaj malzemelerinin kullanımını teşvik etmektedir.

CSC (Güvenli Konteynerler Uluslararası Sözleşmesi): 1972 tarihli bu sözleşme, uluslararası taşımacılıkta kullanılan konteynerlerin yapısal güvenliğini ve insan hayatı için bir risk oluşturmamasını hedefler. Sözleşme uyarınca, uluslararası ticarete kullanılan her konteynerin, belirli testlerden geçtiğini ve periyodik olarak muayene edildiğini gösteren bir "Güvenlik Onay Plakası" (CSC Plate) taşıması zorunludur. Gıda gibi hassas bir ürünün taşınacağı konteynerin, "gıda sınıfı" olmasının yanı sıra, yapısal bütünlüğünü ve güvenliğini garanti eden geçerli bir CSC plakasına sahip olması hem yasal bir gereklilik hem de ürün güvenliği için bir ön koşuldur.

STCW (Gemi Adamlarının Eğitim, Belgelendirme ve Vardiya Tutma Standartları Hakkında Uluslararası Sözleşme): Bu sözleşme, gemi personelinin yetkinlik standartlarını belirler. Gıda gibi değerli ve hassas bir yükün taşınması, sadece doğru ekipman ve konteyneri değil, aynı zamanda yetkin bir mürettebatı da gerektirir. Kargo elleçleme, acil durum prosedürleri ve güvenlik konularında STCW standartlarına göre eğitilmiş personel, taşıma sırasında oluşabilecek riskleri (yanlış istifleme, sıcaklık kontrolü hataları vb.) en aza indirerek ürün bütünlüğünün korunmasına dolaylı ama kritik bir katkı sağlar.

4.2.2.2. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) ve Gıda Tedarik Zinciri

ISO, gıda güvenliği ve kalitesinin yönetimi için uluslararası alanda kabul görmüş, gönüllülük esasına dayalı standartlar geliştirir. Bu standartlar, yasal zorunlulukları tamamlayıcı ve genellikle pazar tarafından talep edilen bir nitelik taşır.

ISO 22000 (Gıda Güvenliği Yönetim Sistemleri): Bu standart, bir kuruluşun gıda güvenliği tehlikelerini kontrol altına alma ve güvenli gıda üretme yeteneğini göstermesi için bir çerçeve sunar. Taşıma ve depolama da dahil olmak üzere gıda zincirinin tüm halkalarını kapsar. ISO 22000, HACCP prensiplerini, Ön Gereksinim Programlarını (PRP'ler) ve genel yönetim sistemi uygulamalarını entegre ederek gıda güvenliğine bütüncül bir yaklaşım getirir. Birçok uluslararası alıcı için ISO 22000 sertifikası, bir tedarikçi ile çalışmanın ön koşuludur.

ISO/TS 22002-5 (Taşıma ve Depolama için Ön Gereksinim Programları): ISO 22000'i destekleyen bu teknik spesifikasyon, özellikle gıda lojistiği operasyonları için detaylı hijyen ve güvenlik gereklilikleri sunar. Taşıma araçlarının tasarımı, temizliği, haşere kontrolü, personel hijyeni ve sıcaklık kontrolü gibi konularda en iyi uygulamaları tanımlar.

ISO 3720 (Siyah Çay - Tanım ve Temel Gereklilikler): Bu ürün spesifik standart, uluslararası ticarete "siyah çay" olarak kabul edilen ürünün tanımını yapar ve temel kimyasal kalite parametreleri için limit değerler belirler. Bu parametreler arasında su ekstraktı, toplam kül, ham selüloz gibi çayın kalitesini ve saflığını gösteren ölçütler bulunur. Bu standart, alıcı ve satıcı arasında ortak bir kalite dili oluşturur.

4.2.2.3. FAO ve WHO'nun Rolü: Codex Alimentarius Komisyonu

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından ortaklaşa kurulan Codex Alimentarius Komisyonu (CAC), küresel gıda güvenliği standartlarını, kılavuzlarını ve uygulama kodlarını geliştiren en üst düzey uluslararası organdır. Codex'in temel hedefleri, tüketici sağlığını korumak ve gıda ticaretinde adil uygulamaları teşvik etmektir.

CAC/RCP 1-1969 (Gıda Hijyeninin Genel Prensipleri): Bu temel belge, gıda güvenliğine yönelik risk bazlı ve önleyici bir yaklaşım olan HACCP (Tehlike Analizi

ve Kritik Kontrol Noktaları) sisteminin yedi prensibini ve on iki uygulama adımını tanımlar. Gıda zincirindeki tüm işletmeler için bir hijyen yol haritası sunar.

Maksimum Kalıntı Limitleri (MRLs - Maximum Residue Limits): Codex, çay da dahil olmak üzere tarım ürünlerinde bulunabilecek pestisit kalıntıları için bilimsel verilere dayalı olarak güvenli kabul edilen maksimum limitler (MRLs) belirler. Bu MRL'ler, Dünya Ticaret Örgütü'nün (DTÖ) SPS (Sağlık ve Bitki Sağlığı Önlemleri) Anlaşması kapsamında uluslararası referans noktası olarak kabul edilir. Birçok ülke, özellikle Avrupa Birliği, kendi ithalat kontrollerinde Codex MRL'lerini temel alır veya daha da katı limitler uygular.

Bir Türk çay ihracatçısının ürününü AB pazarına satmak istediğini varsayalım. AB, ithal edilen gıdalarda kendi MRL limitlerini uygular ve bu limitler genellikle Codex standartları ile uyumludur. Eğer Türk çayı, AB'nin veya Codex'in belirlediği bir pestisit için MRL değerini aşarsa, ürün sınırdan geri çevrilir. Bu durum, sadece o sevkiyatın mali kaybı anlamına gelmez, aynı zamanda marka itibarına ve gelecekteki pazar erişimine de ciddi bir darbe vurur. Benzer şekilde, büyük bir Avrupalı perakendeci, tedarikçilerinden ISO 22000 gibi uluslararası kabul görmüş bir sertifikaya sahip olmalarını talep edebilir. Bu sertifika olmadan, ürün yasal olarak uygun olsa bile ticari olarak pazara giremez. Bu bağlamda, ISO sertifikaları ve Codex standartlarına uyum, sadece bir kalite göstergesi olmaktan çıkarak, küresel pazarlara giriş için gerekli olan bir "ticari pasaport" işlevi görür. Bu uyum, yasal engelleri ve ticari bariyerleri aşmanın temel ön koşuludur.

Tablo 11. Codex alimentarius tarafından belirlenen çay için pestisit MRL örnekleri

Pestisit Adı	Codex MRL (mg/kg) 30	AB MRL (mg/kg) 28
Bifenthrin	30	5
Chlorpyrifos	2	0.1
Clothianidin	0.7	0.7
Cypermethrin	15	0.5
Deltamethrin	5	5
Dicofol	40	20

Tablo 11 (Devam). Codex Alimentarius tarafından belirlenen çay için pestisit MRL örnekleri

Endosulfan	10	30
Etoxazole	15	15
Fenpropathrin	3	2
Flubendiamide	50	0.02
Hexythiazox	15	4
Indoxacarb	5	5
Propargite	5	0.05
Thiamethoxam	20	20

4.2.3. Türkiye'nin İhracat Mevzuatı ve Çay Sektörüne Özel Uygulamalar

Uluslararası standartlara ek olarak, Türk ihracatçıları, ulusal mevzuatın getirdiği gereklilikleri de eksiksiz bir şekilde yerine getirmekle yükümlüdür. Bu bölüm, Türkiye'nin genel ihracat çerçevesini ve çay özelindeki uygulamaları incelemektedir.

4.2.3.1. Türkiye'nin Genel İhracat Rejimi ve Yasal Çerçevesi

Türkiye'de ihracat işlemleri, temel olarak Ticaret Bakanlığı tarafından yürütülen İhracat Rejimi Kararı ve İhracat Yönetmeliği ile düzenlenir. Bu mevzuat, ihracatın genel kurallarını, izin ve prosedürlerini belirler. İhracatçı Birlikleri, bu süreçte kilit bir rol oynar. Örneğin, çay ihracatının yoğun olduğu bölgede faaliyet gösteren Doğu Karadeniz İhracatçıları Birliği (DKİB) gibi kuruluşlar, üyelerine pazar araştırması, uluslararası fuarlara katılım desteği, eğitim programları ve mevzuat bildirilmesi gibi konularda önemli hizmetler sunar. İhracat sürecinin temelini oluşturan ticari belgeler arasında ticari fatura, menşe şahadetnamesi, paketleme listesi ve taşıma belgesi (konşimento) gibi dokümanlar yer alır.

4.2.3.2. Ulusal Gıda Standartları: Türk Gıda Kodeksi Siyah Çay Tebliği

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan bu tebliğ, Türkiye'de üretilen ve pazarlanan siyah çayın uyması gereken minimum kalite ve güvenlik standartlarını

belirler. Tebliğin amacı, siyah çayın tekniğine uygun ve hijyenik şekilde üretilmesini, işlenmesini, taşınmasını ve pazarlanmasını sağlamaktır. Siyah çay, *Camellia sinensis* bitkisinin genç sürgünlerinin soldurma, kıvırma, oksidasyon ve kurutma gibi işlemlerden geçirilmesiyle elde edilen ürün olarak tanımlar. Siyah çay, kendine has görünüş, renk, tat ve kokuda olmalı, yabancı madde içermemeli ve tebliğde belirtilen fiziksel ve kimyasal özelliklere uygun olmalıdır.

Tablo 12. ISO 3720 ve Türk Gıda Kodeksi Siyah Çay Tebliği Kimyasal Gereklilikler Karşılaştırması

Kimyasal Özellik	ISO 3720 Standardı Limiti	Türk Gıda Kodeksi Limiti (Siyah Çay)	Değerlendirme
Su Ekstraktı (Kuru Maddede)	En az %32	En az %29	ISO standardı daha yüksek bir ekstrakt değeri talep etmektedir.
Toplam Kül (Kuru Maddede)	%4 - %8	%4 - %8	Tam uyumlu.
Suda Çözünen Kül (% Toplam Kül)	En az %45	En az %45	Tam uyumlu.
Asitte Çözünmeyen Kül	En çok %1,0	En çok %1,0	Tam uyumlu.
Ham Selüloz (Kuru Maddede)	En çok %16,5	En çok %16,5	Tam uyumlu.
Nem Oranı	Belirtilmemiş	En çok %7	TGK, nem için net bir üst limit belirlemiştir.

Bu karşılaştırma, Türk Gıda Kodeksinin büyük ölçüde uluslararası ISO standardı ile uyumlu olduğunu, ancak su ekstraktı gibi bazı parametrelerde farklılıklar gösterebildiğini ortaya koymaktadır. İhracatçıların, hedef pazarın gerekliliklerini dikkate alarak üretimlerini bu standartlardan daha katı olanına göre ayarlaması stratejik bir avantaj sağlayacaktır.

4.2.3.3. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ve Kalite Belgelendirmesi

TSE, Türkiye'de ürünler ve hizmetler için standartları belirleyen ulusal kuruluştur. TSE tarafından verilen TS İşareti, bir ürünün ilgili Türk standardına uygun olduğunu belgeler ve hem iç pazarda hem de bazı dış pazarlarda bir kalite ve güven göstergesi olarak kabul edilir. Çay için relevant olan TS 4600 Siyah Çay Standardı, Türk Gıda Kodeksi'ni tamamlayıcı nitelikte, özellikle duyuşsal özelliklere odaklanan kriterler içerir (Er vd. 2007). Örneğin, demlenmiş çay likörünün renginin parlak turuncu olması iyi kaliteyi, bakırmısı kırmızısının orta kaliteyi, kahverengi ve mat gri renklerin ise düşük kaliteyi ifade ettiğı gibi duyuşsal analiz kriterleri bu standartta yer alır.

4.2.3.4. Çay İhracatında Gerekli Temel Belgeler ve Prosedürler

Bir Türk çay ihracatçısının, ürününü uluslararası pazarlara sorunsuz bir şekilde gönderebilmesi için bir dizi spesifik belgeyi hazırlaması ve ilgili prosedürleri tamamlaması gerekmektedir.

Bitki Sağlık Sertifikası (Phytosanitary Certificate): Bu belge, Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağılı Zirai Karantina Müdürlükleri tarafından düzenlenir. Ürünün, ithalatçı ülkenin bitki sağılığı (fitosaniter) gerekliliklerini karşıladığını, yani zararlı organizmalar ve hastalıklardan arındırılmış olduğunu teyit eder. Sertifika, düzenlendiğı tarihten itibaren 14 gün içinde ürünün ülkeden çıkış yapması şartıyla geçerlidir; aksi takdirde ürünün yeniden kontrol edilmesi gerekir.

Sağılık Sertifikası ve Analiz Raporları: İthalatçı ülkenin taleplerine bağılı olarak, ürünün insan tüketimine uygun olduğunu gösteren bir Sağılık Sertifikası gerekebilir. Bu sertifika, genellikle ürünün Türk Gıda Kodeksi'ne ve özellikle de alıcı ülkenin pestisit kalıntı limitleri (MRLs) gibi spesifik gıda güvenliğı standartlarına uygunluğunu gösteren laboratuvar analiz raporlarına dayanılarak düzenlenir.

Gümrük Beyannamesi ve Diğeri Ticari Belgeler: İhracatın resmi kaydı olan Gümrük Beyannamesi, işlemin temelini oluşturur. Bununla birlikte, taşıma sözleşmesini teşkil eden Konşimento, malın tanımını ve değerini içeren Ticari Fatura, içeriğı detaylandıran Paketleme Listesi ve ürünün menşei belgelenen Menşe Şahadetnamesi gibi belgelerin eksiksiz ve doğru bir şekilde hazırlanması, gümrük işlemlerinin sorunsuz ilerlemesi için kritik öneme sahiptir.

Tablo 13. ISO 3720 ve Türk Gıda Kodeksi Siyah Çay Tebliği Kimyasal Gereklilikler Karşılaştırması

Belge Adı	Sorumlu/Veren Kurum	İlgili Mevzuat/Standart	Kritik Notlar
Ticari Fatura/ Proforma Fatura	İhracatçı Firma	Ticaret Mevzuatı	Malın tanımı, miktarı, birim fiyatı ve toplam değeri doğru ve eksiksiz olmalıdır.
Paketleme Listesi	İhracatçı Firma	Ticaret Mevzuatı	Her bir paketin içeriğini, ağırlığını ve boyutlarını detaylandırmalıdır.
Gümrük Beyannamesi	Gümrük Müşaviri / İhracatçı	Gümrük Mevzuatı	İhracat işleminin resmi kayıdır; GTİP kodu doğru belirtilmelidir.
Konşimento (Deniz Yolu)	Taşıyıcı Firma / Acente	Uluslararası Taşıma Hukuku	Malın mülkiyetini temsil eden kıymetli evraktır.
Menşe Şahadetnamesi	Ticaret ve Sanayi Odaları	Uluslararası Anlaşmalar	Ürünün Türk menşeli olduğunu belgeler; bazı ülkeler için gümrük vergisi indirimi sağlar
Bitki Sağlık Sertifikası	Tarım ve Orman Bakanlığı	İthalatçı Ülke Mevzuatı / ISPM-12	Düzenlendiği tarihten itibaren 14 gün geçerlidir
Sağlık Sertifikası /Analiz Raporu	Akredite Laboratuvarlar / İl Tarım Md.	İthalatçı Ülke Mevzuatı / Codex	Özellikle pestisit MRL'leri ve diğer gıda güvenliği parametreleri için gereklidir
ISO 22000 / FSSC 22000 Sertifikası	Akredite Belgelendirme Kuruluşları	ISO Standartları	Genellikle büyük alıcılar ve perakendeciler tarafından talep edilen bir pazar giriş şartıdır

4.2.4. Sentez, Değerlendirme ve Stratejik Öneriler

4.2.4.1. Uluslararası ve Ulusal Mevzuatın Bütünleşik Değerlendirmesi

Bir Türk çay ihracatçısının uyması gereken standartlar ve mevzuatlar, tek bir düzenleyici çerçeveden ibaret değildir; aksine, birbirine bağlı ve birbirini tamamlayan çok katmanlı bir “Uygunluk Ağı” (Compliance Web) şeklinde yapılaşmıştır. Bu yapı, merkeze ürünün kendisini alarak dışa doğru genişleyen farklı uyum alanlarından oluşur (Dilek vd. 2022).

- Ürün Katmanı, ağıın merkezinde yer alır ve çayın temel niteliklerine odaklanır. Siyah çayın kimyasal ve duysal özelliklerini tanımlayan ISO 3720 ve TS 4600 standartları ile insan sağlığını korumayı amaçlayan Türk Gıda Kodeksi ve Codex

Alimentarius pestisit maksimum kalıntı limitleri (MRL) bu katmanın temelini oluşturur. Ürünün ticarete konu olabilmesi için bu gerekliliklerin eksiksiz karşılanması esastır (Takim vd. 2023).

- Süreç Katmanı, çayın üretiminden ambalajlanmasına, depolanmasından sevkiyat öncesi hazırlıklarına kadar tüm aşamaların güvenli ve kontrollü şekilde yönetilmesini kapsar. ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi, HACCP ilkeleri ve iyi üretim uygulamaları (GMP), hem güvenli üretim süreçlerini garanti eder hem de ihracatta gerekli olan sistemsel güvenceyi sağlar. (Dilek vd. 2022).
- Lojistik Katmanı, ürünün fiziksel taşınmasına ilişkin gereklilikleri içerir. Çayın genellikle konteynerlerle taşınması nedeniyle, CSC (Container Safety Convention) gibi konteyner güvenliği düzenlemeleri; ayrıca deniz taşımacılığında güvenlik ve çevresel koruma sağlayan SOLAS ve MARPOL kuralları bu katmanda kritik rol oynar. Bu gereklilikler, ürünün varış noktasına kadar niteliklerini koruyacak şekilde taşınmasını güvence altına alır. (Dilek vd. 2022).
- Yasal ve Ticari Katman, ihracat sürecinin hukuki, idari ve belgelerle ilgili yönlerini kapsar. Türkiye İhracat Yönetmeliği, Bitki Sağlık Sertifikası zorunlulukları, alıcı ülke mevzuatları ve uluslararası ticaret prosedürleri bu katmanın ana unsurlarıdır. Bu gereklilikler, ürünün sınır geçişlerini sorunsuz şekilde tamamlaması ve uluslararası pazarda yasal olarak kabul görmesi için gereklidir. (Dilek vd. 2022).

Sonuç olarak, çay ihracatı, birbirinden bağımsız görünen ancak aslında birbirini destekleyen bu katmanların birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Bu bütüncül yaklaşım hem ürünün kalitesini hem de ticari süreçlerin güvenilirliğini garanti altına alarak, uluslararası pazarlarda sürdürülebilir başarı için güçlü bir çerçeve oluşturur. Bu katmanlardan herhangi birindeki bir eksiklik, tüm ihracat operasyonunun başarısız olmasına neden olabilir. Örneğin, Codex MRL'lerine uygun, ISO 22000 sertifikalı bir tesiste üretilmiş mükemmel kalitede bir çay, geçerli bir CSC plakası olmayan veya daha önce kimyasal taşımış bir konteynere yüklenirse, tüm sevkiyat riske girer.

4.2.4.2. Türk Çay İhracatçısı için Uyum Yol Haritası

İhracatta başarılı olmak için üretimden teslimata kadar olan tüm süreçlerin sistematik bir şekilde yönetilmesi gerekir. Bu kapsamda izlenecek adımlar şunlardır (Dilek vd. 2022).:

- Üretim ve Tedarik Aşaması

Hedef pazarın (özellikle AB) ve Codex Alimentarius'un pestisit MRL (Maksimum Kalıntı Limitleri) gerekliliklerine uygun tarım uygulamalarını sağlamak. Ham madde kabulünden itibaren Türk Gıda Kodeksi'ne tam uyum sağlamak.

- Kalite Kontrol Aşaması

Üretilen nihai ürünün ISO 3720 ve TS 4600 standartlarına göre düzenli olarak test edilmesi. Kalite parametrelerinin kayıt altına alınması ve izlenebilirliğin sağlanması.

- Yönetim Sistemi Kurulumu

HACCP prensiplerine dayalı ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi'ni kurmak ve belgelendirmek. Tüm üretim ve ihracat süreçlerini kapsayan entegre bir yönetim sistemi oluşturmak.

- Lojistik Planlama Aşaması

Sadece gıda sınıfı (food-grade) ve geçerli CSC plakasına sahip konteynerlerin temini için güvenilir lojistik firmalarıyla çalışmak. Ambalaj malzemelerinin MARPOL Ek V standartlarına uygunluğunu kontrol etmek.

- Belgelendirme Aşaması

Sevkiyat planlaması sırasında Bitki Sağlık Sertifikası gibi belgelerin geçerlilik sürelerini dikkate almak (örn. 14 gün). Başvuruları zamanında yapmak ve tüm belgelerin eksiksiz olmasını sağlamak.

- Sevkiyat Aşaması

Yüklemenin, SOLAS Kısım VI'daki güvenli istifleme ve sabitleme kurallarına uygun olarak yapılmasını sağlamak. Taşıma sürecinde ürün güvenliğini ve bütünlüğünü korumak (Dilek vd. 2022).

4.2.4.3. Gelecek Perspektifi: Sürdürülebilirlik, Dijitalleşme ve Yeni Pazar Fırsatları

Gıda lojistiği ve ihracat dünyası, teknolojik ve çevresel trendlerle hızla dönüşmektedir. Türk çay ihracatçılarının gelecekteki rekabet gücü, bu trendlere uyum sağlama yeteneklerine bağlı olacaktır. Sürdürülebilirlik: IMO'nun 2050 yılına kadar denizcilikte net sıfır emisyon hedefi gibi iddialı dekarbonizasyon hedefleri, lojistik maliyetlerini ve operasyonlarını yeniden şekillendirecektir (UNCTAD, 2023). "Yeşil koridorlar" gibi düşük emisyonlu taşıma rotalarının yaygınlaşması ve sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir ambalaj malzemelerine olan talebin artması beklenmektedir. Dijitalleşme: Yapay zeka (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve blockchain gibi teknolojiler, tedarik zincirlerinde eşi benzeri görülmemiş bir şeffaflık, verimlilik ve izlenebilirlik sağlamaktadır. "Akıllı Limanlar" (Smart Ports) konsepti, otomasyon ve veri analitiği sayesinde yükleme/boşaltma sürelerini kısaltacak ve lojistik süreçleri optimize edecektir. Yeni Pazar Fırsatları: Bu raporda detaylandırılan en yüksek uluslararası kalite ve güvenlik standartlarına uyum sağlayan Türk çay ihracatçıları, sadece mevcut pazarlardaki konumlarını güçlendirmekle kalmayacak, aynı zamanda Japonya, Kuzey Amerika ve Avrupa Birliği gibi yüksek gelirli ve kalite odaklı primli pazarlara erişim için de önemli bir rekabet avantajı elde edeceklerdir. Bu standartlara uyum, bir maliyet unsuru olarak değil, gelecekteki pazar payı ve karlılık için stratejik bir yatırım olarak görülmelidir.

5. METODOLOJİ

5.1. Araştırma Yaklaşımı ve Yöntem Entegrasyonu

Siyah çay gibi hassas tarımsal ürünlerin taşınması sırasında kalite kaybı, bulaşma, haşere istilası, nem hasarı gibi çok boyutlu risklerin mevcut olduğu durumlarda, gelensek risk analiz yöntemleri (örneğin risk matrisleri, HAZOP, FTA, ETA) belirsizliklerin yüksek olduğu veri ortamlarında yetersiz kalabilmektedir (Marhaviyas vd., 2020; Pan vd., 2022). Bu durum, özellikle taşıma zincirinin çeşitli aşamalarında (konteynerleme, liman bekleme süreci, taşıma süresi ve koşulları gibi) kaynağı izlenemeyen veya nadiren raporlanan olaylar nedeniyle daha da karmaşık hale gelmektedir. Bu bağlamda, çalışmanın ilk adımında üç temel FMEA parametresi – hata oluşma olasılığı, hatanın etkisi (şiddeti) ve hatanın tespit edilememe olasılığı – kullanılarak siyah çay taşımacılığına özgü potansiyel hata modları tanımlanmıştır. FMEA, sistematik bir başlangıç noktası sağlayarak, taşıma öncesi ve taşıma süresi olmak üzere iki ana süreçteki arıza türlerini belirlemek için yapılandırılmıştır.

Ancak klasik FMEA yaklaşımı, her bir parametrenin riske eşit katkı yaptığı varsayımını taşıdığı için, bu çalışmada FMEA'nın çıktılarına dayalı olarak Kural Tabanlı Bayes Ağı (RBN) ile entegre bir yapı kurulmuştur. Bu yapı, risklerin koşullu ilişkilerini ve değişkenler arası nedensel bağları modellemeye olanak tanımaktadır. RBN'nin tercih edilme nedeni, az sayıda gözleme dayalı verinin bulunduğu, ancak uzman görüşlerinin önemli rol oynadığı durumlarda hem öznel hem de nesnel verileri birlikte kullanabilme yeteneğidir. Özellikle çayın denizyolu ile taşınmasında geçmişe dönük kapsamlı hasar kayıtlarının sınırlı olması nedeniyle, uzman görüşlerine dayalı olasılık tahminleri RBN modelinde temel bir rol üstlenmiştir. Modelleme sürecinde, çaya yönelik ısı, kimyasal, biyolojik ve fiziksel riskler ayrı ayrı tanımlanarak, bu risklerin FMEA çıktılarıyla ilişkilendirilen koşullu olasılıkları belirlenmiştir. Bu yapı sayesinde, örneğin konteyner temizlik yetersizliği ile haşere istilası arasında istatistiksel olmayan ancak mantıksal çıkarıma dayalı bağlantılar kurulabilmiştir. Her bir risk modunun çay üzerindeki etkisi, nihai kalite bozulması ve ticari kayıp olasılığına göre derecelendirilmiştir. FMEA-RBN entegrasyonu bu bağlamda şu avantajları sunmaktadır: 1-Belirsizlik altında karar verme süreçlerini destekleyerek, taşıma zincirinde kritik kontrol noktalarını görünür kılar. 2-Uzmanların görüşlerini

nicel modele entegre ederek sektör tecrübesini matematiksel yapı ile harmanlar. 3-Risk azaltma stratejilerinin etkisini test etmeye olanak tanır (Sun vd., 2023; Wan vd., 2019). Bu çalışmanın modelleme açısından temel katkılarından biri, siyah çay taşımasında karşılaşılan risklerin tarımsal ürün taşımacılığına özgü yeniden tanımlanması ve bu risk parametrelerine karşılık gelen dilsel terimlerin FMEA-RBN çerçevesinde dönüştürülmesidir. Ayrıca, duyarlılık analizleri sonucunda modelin güvenilirliği test edilmiş ve en etkili kök nedenler belirlenmiştir. FMEA ve Bayes Ağı metodolojisinin teknik detayları izleyen bölümlerde açıklanmaktadır.

5.2. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)

Potansiyel hata türlerinin önemini sistematik olarak değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA), ürün ve süreçlerin güvenlik ve güvenilirlik analizinde önemli bir rol oynar (Huang vd., 2020). Bu analiz, potansiyel hataların önceliklendirilmesini sağlamak için risk değerlendirme kriterlerini dikkate alır. RPN (Risk Öncelik Numarası), FMEA'da riskleri sıralamak için kullanılan olasılık (L), tespit edilebilirlik (P) ve sonuçların ciddiyeti (C) unsurlarının bir araya getirilmesiyle hesaplanan bir değerdir. RPN, Eşitlik (1) kullanılarak hesaplanır:

$$RPN = L \times P \times C \quad (1)$$

Diğer taraftan FMEA, risk değerlendirmesi için pratik bir yöntem sunmasına rağmen (Chang vd., 2021), uzmanların RPN değerlerini belirlerken L, P ve C parametrelerini seçme sürecindeki öznel yaklaşımını ortadan kaldırılamaması çeşitli eleştirilere konu olmaktadır. Bu sınırlamayı aşmak için bulanık mantık (fuzzy logic) (Cardiel-Ortega ve Baeza-Serrato, 2023), Dempster-Shafer (D-S) teorisi (Wang vd., 2019), BN (Tunçel vd., 2024) ve Markov (Brun ve Savino, 2018) modelleri gibi belirsizlik teorilerine dayalı çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, belirlenen risklerin yapısına daha uygun olduğu için ağırlıklı ortalama ve kural tabanlı Bayes ağları yaklaşımı uygulanmıştır.

5.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Ağırlıklı Ortalama, karar verme süreçlerinde farklı değişkenlerin etkisini belirlemek ve daha hassas değerlendirmeler yapmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, her bir değişkene belirli bir ağırlık atanarak, toplam sonucun bu ağırlıklarla orantılı şekilde hesaplanması sağlanır. Ağırlıklı ortalama yaklaşımı, özellikle belirsiz veya çok kriterli karar süreçlerinde, parametrelerin göreceli önemini vurgulayarak daha güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanır. Risk analizi (Suo vd., 2020), sağlık (Nuankaew vd., 2021), finansal değerlendirme (Yazdi vd., 2025) ve mühendislik (Bortoni vd., 2021) uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bu yöntem, standart aritmetik ortalamaya kıyasla daha esnek bir yapı sunar. Özellikle, her faktörün etkisinin farklı olduğu durumlarda, AOM'nin kullanılması daha anlamlı sonuçlar elde edilmesine katkı sağlar.

Bu yöntemde, her öğenin değeri kendisine atanan ağırlık katsayısı olarak tanımlanırsa, ağırlık ortalama değeri $\bar{x}$ Eşitlik (2) ile hesaplanır:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i I_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

5.4. Kural Tabanlı Bayes Ağları (RBN)

Bayes ağları olasılıksal grafik modellerinin bir türüdür ve rastgele değişkenler arasındaki koşullu bağımlılıkları temsil eder. Bu ağlar, belirsizlik altında akıl yürütme ve karar verme için güçlü bir araçtır. Kural tabanlı Bayes ağları (RBN), klasik BN'den geliştirilmiş bir versiyonudur ve nedensel ilişkileri belirleme yeteneği sunar. RBN, uzman görüşlerini "EĞER-O HALDE (IF-THEN)" kural tabanlı yaklaşım ile nitel olarak modelleme imkânı sağlar. Eğer-O halde kuralının standart yapısı Eşitlik (3)'teki gibi tanımlanır (Alyami vd., 2014; Yu vd., 2020):

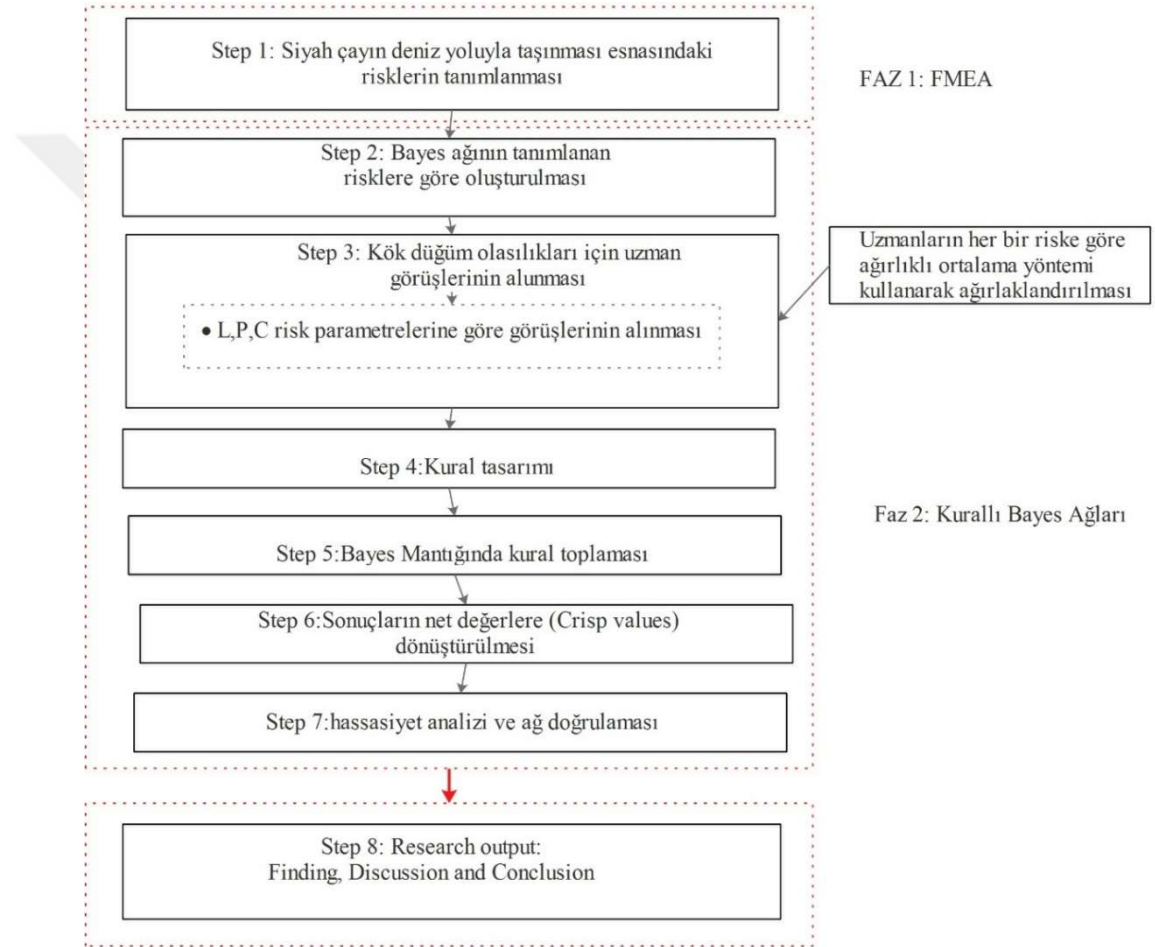
$$R_W: IF A_1^w \text{ and } A_2^w \text{ and } \dots \text{ and } A_p^w, THEN \{(B_1^w, C_1), (B_2^w, C_2), \dots, (B_q^w, C_q)\} \quad (3)$$

RBN yaklaşımında, kurallar formatında sunulur. Her kuralın bölümü, kuralın bölümü, katılım özniteliklerini temsil eden dil bilimsel girdileri içerir. Öte yandan, THEN bölümü, dilbilimsel değişkenlerin inanç derecesini belirtir. Bu değişkenler ile

gösterilir ve inanç değerleri ile temsil edilir. Bu kurallar birleştirilerek nihai bir sonuç elde edilir.

5.5. Yöntemlerin Entegrasyonu ve Araştırma Adımları

Bu bölüm, FMEA, Ağırlıklı ortalama ve RBN tekniklerinin risk değerlendirmesinde nasıl entegre edildiğini ve çalışmanın adımlarını açıklamaktadır. Araştırmanın adımları şu şekilde dizayn edilmiştir (Bkz Şekil 1):



Şekil 1. Çalışmanın akış şeması

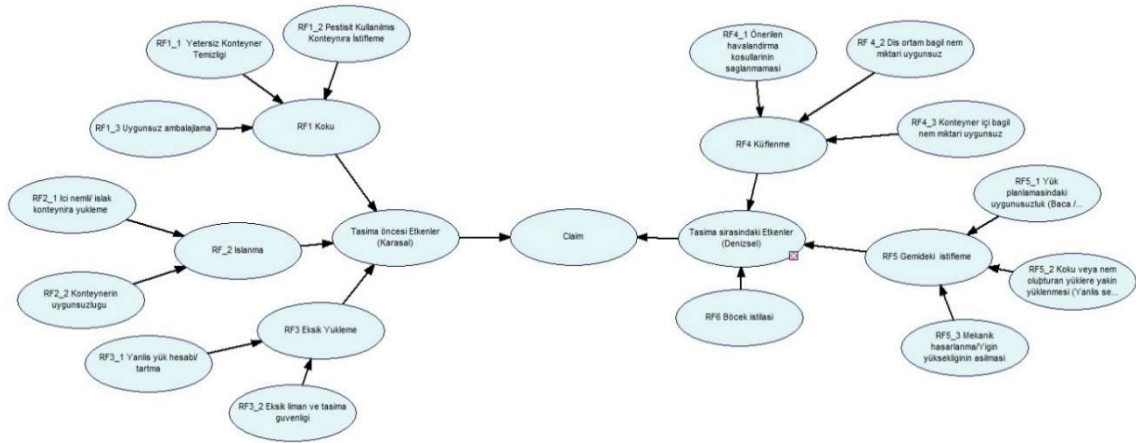
5.5.1. Adım 1: Risklerin Tanımlanması

Çalışmanın ilk aşamasında, siyah çayın deniz yoluyla taşınması sürecinde ortaya çıkabilecek potansiyel riskler sistematik bir şekilde belirlenmiştir. Bu amaçla, konuya ilişkin güncel literatürün kapsamlı bir incelemesi (BMT, 2025; Dmowski ve Ruszkowska, 2018; GDV, 2025; Ocieczek vd., 2023) ile birlikte, çay ihracatı ve

denizyolu lojistiği alanında deneyimli uzmanlarla yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu çoklu veri toplama yaklaşımı sayesinde, taşıma sürecinde çayın kalitesini ve güvenliğini tehdit edebilecek altı ana risk kategorisi belirlenmiştir. Uzman görüşlerinin dahil edilmesi, literatürde yer almayan ancak saha tecrübesine dayalı örtük bilgilerin de modele aktarılmasına olanak sağlamış ve risk tanımlama sürecinin kapsamlılığını artırmıştır. Bu adım, daha sonra uygulanacak olan Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) ve kural tabanlı Bayes ağı modelinin geliştirilmesi için güçlü bir temel oluşturmuştur.

5.5.2. Adım 2: Bayes Ağı'nın Oluşturulması

Siyah çayın kalitesini olumsuz yönde etkileyebilecek tüm faktörler, kural tabanlı Bayes ağı metodolojisi kullanılarak modellenmiştir. Geliştirilen model toplamda 23 düğüm içermekte olup, bunlardan 14'ü kök düğüm (root nodes), 7'si ara düğüm (intermediate nodes) ve 1'i yaprak düğüm (leaf node) olarak yapılandırılmıştır. Bu yapı, çayın denizyolu taşımacılığı sürecinde meydana gelebilecek çevresel, operasyonel ve insan faktörlü risklerin sistematik ve nedensel bir çerçevede temsil edilmesini sağlamaktadır. Bayes ağı modelinin genel yapısı ve düğümler arasındaki ilişkiler Şekil 2'de sunulmaktadır.



Şekil 2. Siyah çayın deniz yoluyla taşınması esnasında kalitesine etki eden faktörlerin bayes ağı modellemesi

5.6. Risk Faktörlerinin Tanımlanması (Kök Düğümler)

RF 1.1 Yetersiz Konteyner Temizliği

Siyah çayın taşınmasında kullanılacak ambar veya konteynerler, uluslararası hijyen standartları gereği önceki yüklerden kalan kalıntıların, tozun ve nemin temizlenmesi için uygun temizlik prosedürlerine tabi tutulmalıdır. Temizlik eksiklikleri, pestisit kalıntıları veya organik artıkların kalması durumunda çayda kontaminasyon, küf oluşumu ve aroma bozulması gibi kalite kayıplarına neden olmaktadır. İlgili kök düğümü, bu tür temizlik yetersizliklerinden kaynaklanan riskleri kapsamaktadır.

RF 1.2 Pestisit Kullanılmış Konteynıra İstifleme

Siyah çayın taşınmasında kullanılacak ambar veya konteynerler, daha önce pestisit uygulaması yapılmışsa, kalıntıların tamamen temizlenmesi için gerekli arındırma işlemlerine tabi tutulmalıdır. Pestisit kalıntılarının çay ile temas etmesi, ürünün kimyasal kontaminasyonuna ve insan sağlığı açısından risk oluşturabilecek kalıntı seviyelerinin oluşmasına neden olabilir. Bu durum aynı zamanda çayın tat ve aroma özelliklerinde bozulmalara yol açabilir. İlgili kök düğümü, pestisit kalıntılarından kaynaklanan bu tür kalite ve güvenlik risklerini kapsamaktadır.

RF 1.3 Uygunsuz Ambalajlama

Siyah çayın taşınmasında kullanılan ambalaj materyalleri, ürünün fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik risklere karşı korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Uluslararası taşımacılık standartlarına göre, nem geçirmezlik ve dayanıklılık özelliklerine sahip ambalajlar tercih edilmelidir. Ancak kalitesiz malzeme kullanımı, yetersiz mühürleme veya aşırı sıkıştırma gibi hatalı uygulamalar, taşıma sırasında ambalajın hasar görmesine ve dış ortam koşullarının çayla temas etmesine neden olabilmektedir. İlgili kök düğümü, ambalajlama sürecindeki bu tür yetersizliklerden kaynaklanan riskleri kapsamaktadır.

RF 2.1 İçi Nemli Konteynıra Yükleme

Siyah çayın taşınması sırasında kullanılan konteynerlerin kuru ve temiz olması, ürünün higroskopik yapısı nedeniyle nem absorpsiyonunu önlemek açısından büyük önem taşır. Uluslararası taşımacılık standartlarına göre, yükleme öncesinde konteynerlerin iç nem seviyeleri kontrol edilmeli ve gerekli kurutma işlemleri uygulanmalıdır. Ancak bu önlemlerin ihmal edilmesi durumunda, içi nemli

konteynerlere yapılan yüklemeler çayın nem dengesinin bozulmasına, küf oluşumuna ve aroma kayıplarına yol açabilmektedir. Ayrıca, nemli ortam çayın kalitesini olumsuz etkileyen mikrobiyolojik faaliyetler için uygun bir zemin hazırlar. İlgili kök düğüm, konteyner iç yüzeylerinde kalan nemin sebep olduğu bu tür riskleri kapsamaktadır.

RF 2.2 Konteynerin Uygunsuzluğu (Su Sızdırması)

Siyah çayın taşınmasında kullanılacak konteynerlerin yapısal olarak sağlam olması ve su sızdırmazlık özelliğine sahip bulunması, yükün deniz yolculuğu sırasında nem ve sıvı temasından korunması açısından kritik öneme sahiptir. Uluslararası taşımacılık standartları, konteynerlerin çatlak, delik veya conta yetersizlikleri gibi su sızdırmasına neden olabilecek kusurlar açısından düzenli olarak kontrol edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu kontrollerin ihmal edilmesi veya uygunsuz konteynerlerin kullanılması, deniz yolculuğu süresince dış ortamdan gelen nemin veya doğrudan suyun konteyner içine sızmasına yol açarak çayda nem artışı, küf oluşumu ve aroma kaybı gibi kalite bozulmalarına neden olabilir. Ayrıca, su sızıntısı nedeniyle ambalajların hasar görmesi, fiziksel deformasyon ve kontaminasyon riskini artırmaktadır. İlgili kök düğüm, konteynerin su sızdırmazlık kusurlarından kaynaklanan bu tür kalite kaybı risklerini kapsamaktadır.

RF 3.1 Yanlış Yük Hesabı/Tartma

Siyah çayın taşınmasında yükün doğru hesaplanması ve tartılması hem yasal yükümlülüklerin hem de müşteri memnuniyetinin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Hatalı tartım işlemleri, gemiye bildirilen yük miktarı ile fiili yük miktarı arasında tutarsızlıklara yol açarak tüketiciye eksik tonaj teslim edilmesine neden olabilir. Bu durum, özellikle büyük ölçekli ihracatlarda alıcı tarafında finansal kayıplara, güven kaybına ve sözleşmeye bağlı yaptırımlara sebebiyet verebilir. Ayrıca eksik tonaj, tedarik zincirinde planlama hatalarına ve markanın itibarı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. İlgili kök düğüm, yük hesaplama ve tartma süreçlerindeki hataların ortaya çıkardığı bu tür riskleri kapsamaktadır.

RF 3.2 Eksik Liman ve Taşıma Güvenliği

Siyah çayın denizyolu taşımacılığı sırasında liman operasyonları ve taşıma süreçlerinde yeterli güvenlik önlemlerinin alınmaması, yükün bütünlüğü ve kalitesi açısından ciddi riskler oluşturmaktadır. Liman sahasında yetersiz güvenlik tedbirleri, yükleme ve tahliye esnasında konteynerlere izinsiz müdahaleler, hırsızlık veya hasar

vakalarının ortaya çıkmasına neden olabilir. İlgili kök düğüm, liman ve taşıma güvenliğindeki eksikliklerden kaynaklanan bu tür riskleri kapsamaktadır.

RF 4.1 Önerilen Havalandırma Koşullarının Sağlanmaması

Siyah çayın denizyolu taşımacılığı sırasında konteyner içerisindeki havalandırma koşullarının uygun şekilde sağlanması, yükün higroskopik yapısı nedeniyle kritik bir öneme sahiptir. İlgili kök düğüm, gemi taşıması esnasında konteynerlerde önerilen havalandırma prosedürlerinin uygulanmaması sonucu ortaya çıkan bu tür riskleri kapsamaktadır.

RF 4.2 Dış Ortam Bağlı Nem Miktarı Uygunsuz

Gemi taşıması sırasında konteynerin maruz kaldığı yüksek veya düşük dış ortam bağlı nemi, siyah çayın higroskopik yapısı nedeniyle nem dengesini bozabilir. Bu durum, ürünün küflenmesine, aroma kaybına ve fiziksel deformasyonlara yol açarak kalite kaybı riskini artırır. İlgili kök düğüm, dış ortam neminin uygunsuz olmasından kaynaklanan bu tür etkileri kapsamaktadır.

RF 4.3 Konteyner İçi Bağlı Nem Miktarı Uygunsuz

Taşıma sırasında konteynerde dengesiz nem, siyah çayın dokusunda bozulma, küf oluşumu ve tat kaybı riskini artırır. Bu düğüm, iç ortam iklimlendirme hatalarından kaynaklanan kalite kayıplarını temsil eder.

RF 5.1 Yük Planlamasındaki Uygunsuzluk

Siyah çayın taşınmasında, konteynerlerin gemi üzerindeki sıcaklık dağılımı dikkate alınmadan baca ya da makine dairesine yakın yüksek sıcaklık bölgelerine istiflenmesi, ürün kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu tür istifleme hataları, konteyner iç sıcaklığının artmasına yol açarak çayın aroma bileşiklerinin bozulmasına, renk değişimlerine ve nem dengesinin kaybına neden olabilir. Özellikle uzun süreli taşımalarda, bu sıcaklık stresi çayın ticari değerinin azalmasına ve müşteri memnuniyetsizliğinin düşmesine sebebiyet verir. İlgili kök düğüm, yük planlamasındaki bu tür uygunsuzluklardan kaynaklanan riskleri kapsamaktadır.

RF 5.2 Koku veya Nem Oluşturan Yüklere Yakın Yüklenmesi

Siyah çayın taşınması sırasında, konteynerlerin koku yayan veya yüksek nem üreten diğer yüklerin yakınına yerleştirilmesi, ürün kalitesini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Yanlış seperasyon uygulamaları, çayın aromatik bileşiklerinin bozulmasına, yabancı kokuların absorbe edilmesine ve nem seviyesinin yükselerek küf

oluşumuna neden olabilir. Bu durum hem duyuşsal özelliklerin kaybına hem de ticari değeri düşüşüne yol açmaktadır. İlgili kök düğüm, yükleme planlamasında gerçekleştirilen bu tür hatalardan kaynaklanan kalite kayıplarını kapsamaktadır.

RF 5.3 Mekanik Hasarlanma/Yığın Yüksekliğinin Aşılması

Siyah çayın taşınması sırasında konteynerlerin istiflenmesinde yığın yüksekliğinin limitlerin üzerine çıkması, konteynerlerin yapısal bütünlüğünde bozulmalara ve mekanik hasarlara yol açabilir. Bu tür hasarlanmalar, konteynerlerin sızdırmazlığını zayıflatarak dış ortam koşullarının içeri sızmasına ve yükün nem, sıcaklık gibi değişkenlere maruz kalmasına neden olur. Ayrıca istifleme hataları, konteynerlerin içindeki yüklerin ezilmesine, fiziksel deformasyona ve çayın kalite kaybına sebebiyet verebilir. İlgili kök düğüm, yetersiz yükleme uygulamalarından kaynaklanan bu tür mekanik riskleri kapsamaktadır.

RF 6. Böcek istilası

Siyah çayın taşınması sırasında konteynerlerdeki hijyen eksiklikleri ve uygun olmayan çevre koşulları, böcek oluşumuna zemin hazırlayabilir. Bu durum, ihracat sürecinde gıda güvenliği ihlalleri ve reddedilen sevkiyatlar gibi ciddi sonuçlar doğurabilir. İlgili kök düğüm, taşıma sürecinde konteynerlerde meydana gelen böcek oluşumundan kaynaklanan bu tür riskleri kapsamaktadır.

Bayes ağına (BN) entegre edilen FMEA tabanlı modelde, kök düğümlerin ara (intermediate) ve yaprak (leaf) düğümleri etkileme olasılıklarını tanımlamak amacıyla her bir kök düğüm için üç temel parametre belirlenmiştir: Olasılık (Likelihood - L), Şiddet (Consequence - C) ve Algılanan Tespit Edilebilirlik (Perceived Detectability - P). Bu parametreler, dilbilimsel terimler (ör. düşük, orta, yüksek) aracılığıyla niteliksel olarak ifade edilmiştir. Çalışmada, uzmanların her bir kök düğüme ilişkin L, C ve P için inanç derecelerini (Degree of Belief - DoB) belirtmeleri istenmiştir. Geleneksel Likert ölçekli anketlerin sınırlılıklarının ötesine geçen bu yaklaşım, uzman yanıtlarındaki belirsizlikleri azaltarak daha güvenilir ve ayrıntılı içgörüler elde edilmesini sağlar. Uzmanlar, her bir ifadeye verdikleri desteğin yüzdesi olarak DoB'lerini beş dereceli bir Likert ölçeği üzerinden bildirmişlerdir. Her bir parametre (L, C ve P) için verilen DoB değerlerinin toplamı %100 olacak şekilde düzenlenmiştir. Söz konusu parametrelerin dilbilimsel karşılıkları ve tanımları Tablo 14'de sunulmaktadır.

Tablo 14. L, C ve P parametrelerine ilişkin dilbilimsel terimler ve tanımları

Hata Olasılığı	Tanım
Çok Düşük (Very low - VL)	Yük hasarının görülmesi nadirdir ancak herhangi bir anda gerçekleşebilir
Düşük (Low - L)	Yük hasarının görülme olasılığı yılda bir civarındadır
Orta (Average - A)	Yük hasarı tehdidin gerçekleşme olasılığı ara sıradır (örneğin, üç ayda bir)
Yüksek (High - H)	Yük hasarı tehdidin tekrarlanma olasılığı (örn. ayda bir)
Çok Yüksek (Very High - VH)	Yük hasarı tehdidin gerçekleşme ihtimali neredeyse kesindir.
Hatanın Tespit Edilememe Olasılığı (Probability of Non-detection - P)	Tanım
Tespit Edilmesi Çok Yüksek İhtimal (Highly unlikely - HU)	Yük hasarı kontrol yapılmadan tespit edilebilir
Tespit Edilmesi Yüksek İhtimal (Unlikely - U)	Yük hasarı düzenli controller ile tespit edilebilir
Orta (Average - A)	Yük hasarı yoğun kontroller ile tespit edilebilir
Tespit Edilmesi Düşük İhtimal (Likely - L)	Yük hasarı yoğun kontroller ile tespit edilmesi zordur
Tespit Edilmesi Çok Yüksek İhtimal (Highly likely - HL)	Yük hasarı yoğun kontroller ile tespit edilmesi imkansızdır
Sonuçların Şiddeti (Consequence Severity - C)	Tanım
Önemsiz (Negligible - N)	Sonuçları sınırlıdır.
Marjinal (Marginal - MA)	Kuru çayın küçük bir miktarında bozulmasına neden olur.
Orta (Moderate - MO)	Kuru çay miktarının yarısının bozulmasına neden olur.
Kritik (Critical - CR)	Kuru çay miktarının büyük kısmının bozulmasına neden olur.
Felaket (Catastrophic - CA)	Tüm kuru çayın bozulmasına neden olur. Son derece ciddi cargo claimler ortaya çıkar.

5.7. Adım 3: Uzman Görüşlerinin Alınması ve Veri Toplama

Bu aşamada, uzmanlar her bir kök düğümün oluşturulan risk modelinin genel riskine olan etkisinin seviyesini belirlerler. Bu, her kök düğüm ile ilişkili L, P ve C risk parametrelerinin değerlendirilmesiyle yapılır. Uzmanlardan, Tablo 18'deki dilbilimsel ölçek kullanılarak inanç derecelerini (DoB) ölçen bir anketi tamamlamaları istenmiştir. Siyah çayın denizyolu taşımacılığı sürecindeki riskler, taşıma öncesi ve taşıma sırasındaki faktörler olmak üzere iki ana grupta sınıflandırıldığından, uzman grubu da

bu kapsamı temsil edecek şekilde seçilmiştir. Çalışmaya toplam 45 uzman katkı sağlamıştır. Görüşlerine başvuru alan uzmanların profesyonel pozisyonları ve mesleki deneyimleri dikkate alınarak, her bir sorunun uzmanlık alanıyla uyumlu olacak şekilde ağırlıklandırma yapılmıştır. Farklı uzmanlardan elde edilen inanç derecelerinin birleştirilmesinde ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, her bir kök düğüm için 20 farklı uzmanın görüşü alınmıştır. Uzman grubunun mesleki geçmişleri Tablo 15’de sunulmaktadır.

Tablo 15. Çalışmaya katılan uzman grubunun mesleki geçmişi

Taşıma öncesi riskleri değerlendirenler			Taşıma sırasındaki riskleri değerlendirenler	
Mesleki Unvan	Çay fabrikası müdürü	3	Gemi kaptanı	9
	Gemi acentesi	14	Birinci Zabit	7
	Ziraat Fakültesi akademisyen	4	Denizcilik fakültesi akademisyen	4
	Liman İşletmecisi	4		
İş deneyimi	1-3 Yıl	2	1-3 Yıl	
	4-6 Yıl	7	4-6 Yıl	3
	7-10 Yıl	5	7-10 Yıl	6
	11-15 Yıl	3	11-15 Yıl	6
	16 Yıldan Fazla	7	16 Yıldan Fazla	5

5.8. Adım 4: Kuralların Tasarımı

Bu aşama, arıza modları, bileşenler ve genel risk düzeyleri için inanç derecelerinin (ör. çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek) tanımlandığı kuralların oluşturulmasını kapsamaktadır. Bayes ağı içerisindeki kök düğümler için geliştirilen bu kurallar, risk faktörlerinin inanç derecelerini belirlemek üzere üç temel risk parametresine Olasılık (Likelihood, L), Hatanın Tespit Edilememe Olasılığı (Probability of Non-detection, P) ve Sonuç Şiddeti (Consequence, C) dayanmaktadır. Söz konusu parametrelerin her birinin beşli ölçek ($5 \times 5 \times 5$) üzerinden kombinasyonları dikkate alınarak toplamda 125 kural tanımlanmıştır. Tablo 16, doğrusal dağılım esas alınarak geliştirilen bu kuralların örneklerini sunmaktadır. EĞER bölümünde belirtilen L, P, ve C değişkenlerine karşılık gelen her bir ölçek kombinasyonu, SONRA bölümünde yer alan çıktıya %33,33'lük bir inanç derecesi atamaktadır (Yang vd., 2008). Bu yaklaşım, yalnızca risk faktörleri için değil, aynı

zamanda genel risk düzeylerini içeren bileşenler için kural kümelerinin oluşturulmasında da etkin bir şekilde kullanılabilir.

Tablo 16. Kural Tabanlı Bayes Ağı İçin Örnek Kurallar

Kural No	EĞER Bölümü- If part			SONRA Bölümü- Then part				
	L	P	C	R1	R2	R3	R4	R5
1	Çok Düşük (L1)	Önemsiz (C1)	Tespit Edilmesi Çok Yüksek İhtimal (P1)	1	0	0	0	0
2	Çok Düşük (L1)	Önemsiz (C1)	Tespit Edilmesi Yüksek İhtimal (P2)	0.67	0.33	0	0	0
3	Çok Düşük (L1)	Önemsiz (C1)	Orta (P3)	0.67	0	0.33	0	0
4	Çok Düşük (L1)	Önemsiz (C1)	Tespit Edilmesi Düşük İhtimal (P4)	0.67	0	0	0.33	0
5	Çok Düşük (L1)	Önemsiz (C1)	Tespit Edilmesi Çok Düşük İhtimal (P5)	0.67	0	0	0	0.33
.....				...	...	...	...	...
.....				...	...	...	...	...
121	Çok Yüksek (L5)	Felaket (C5)	Tespit Edilmesi Çok Yüksek İhtimal (P1)	0.33				0.67
122	Çok Yüksek (L5)	Felaket (C5)	Tespit Edilmesi Yüksek İhtimal (P2)		0.33			0.67
123	Çok Yüksek (L5)	Felaket (C5)	Orta (P3)			0.33		0.67
124	Çok Yüksek (L5)	Felaket (C5)	Tespit Edilmesi Düşük İhtimal (P4)				0.33	0.67
125	Çok Yüksek (L5)	Felaket (C5)	Tespit Edilmesi Çok Düşük İhtimal (P5)					0.33

5.9. Adım 5: Bayes Mantığında Kural Toplama Süreci

Her bir düğüm için koşullu olasılık dağılımlarının hesaplanması, ilgili kuralların tanımlanmasının ardından gerçekleştirilir. Bu süreçte, marjinal olasılıkların veya beklenen sonuçların belirlenebilmesi için önceden tanımlanan olasılıklar göz önünde bulundurulur. Kök düğümlerde yer alan arıza modlarının olasılıklarını hesaplamak amacıyla Eşitlik (4) kullanılarak değerleri elde edilir (Zhou vd., 2022). Bu yaklaşım, sistemin genel risk profilini nicel olarak değerlendirmek ve belirsizliklerin modellenmesine katkı sağlamak için Bayesçi çıkarım mekanizmasının temelini oluşturur.

$$p(R_h) = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \quad (4)$$

$$x \sum_{k=1}^5 p(R|O_i, S_j, D_k) p(O_i) p(S_j) p(D_k) \quad (h = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (5)$$

Ara ve yaprak düğümlerin marjinal olasılıklarını hesaplamak için Eşitlik (6) kullanılır (Yang et al., 2008).

$$p(R_h) = \sum_{i=1}^5 \quad (6)$$

$$x \sum_{j=1}^5 \dots \sum_{k=1}^5 p(R|R_{X1,i}, R_{X2,j}, \dots, R_{Xm,k}) p(R_{X1,i}) p(R_{X2,j}) \dots p(R_{Xm,k}) \quad (7)$$

5.10. Adım 6: Fayda Fonksiyonlarıyla Sonuçların Net Değerlere Dönüştürülmesi

Bayes modelindeki düğümlerin risk değerlerinin hesaplanabilmesi için Eşitlik (8) fayda fonksiyonları kullanılarak net değerler (crisp values) elde edilir. CV (Crisp Value) değeri yüksek bulunan düğümün yüksek risk seviyesine sahip olduğu ve önceliklendirilmesi gerektiği kabul edilir.

$$CV = \sum_{h=1}^5 p(R_h) U_{R_h} \quad (8)$$

Burada h_{th} risk bildirimlerindeki (çok düşük (R1), düşük (R2), orta (R3), yüksek (R4) ve çok yüksek (R5)) inanç derecesini, $p(R_h)$ marjinal olasılığı ve U_{R_h} fayda değerini temsil eder (Park et al., 2023).

5.11. Adım 7: Duyarlılık Analizi ile Bayes Modelinin Doğrulanması

Duyarlılık analizinin amacı, risk modelinin güvenilirliğini ve faydasını değerlendirmek ve model hakkında daha fazla bilgi edinmektir. Bu çalışmada duyarlılık analizi, öznel değerlendirmelere dayanan inanç yapılarını test etmek ve RPN dilsel tahmininin $p(R)$ girdilerdeki küçük değişikliklere ne kadar duyarlı olduğunu incelemek için kullanılmıştır (Park vd., 2023; Uflaz vd., 2024; Yu vd., 2020).

6. BULGULAR

Öncelikle, denizcilik, çay üretimi ve çayın elleçlenmesi alanlarında uzman 45 kişiye Bayes Ağı (BN) modelinin teorik temelleri tanıtılmış ve böylece değerlendirme sürecine hazırlanmaları sağlanmıştır. BN'deki her bir kök düğüm için, bu uzmanlar arasından ilgili alanda yetkin 20 uzmanın görüşleri alınmış ve çevrim içi (online) ortamda gerçekleştirilen her bir görüşme en az 30 dakika sürmüştür. Uzmanlara, mesleki pozisyonları (professional position) ve operasyonel deneyimlerine (operational experience) göre ağırlık faktörleri atanmıştır. Bu kapsamda, Tablo 17'de RF 1.1 “yetersiz konteyner temizliği” kök düğümünü değerlendiren uzmanların ağırlık faktörleri sunulmaktadır.

Tablo 17. RF 1.1 kök düğümünü değerlendiren uzmanların ağırlık faktörleri

Uzman No	Mesleki Unvan	Operasyonel Deneyim (Yıl)	Ağırlık Puanı		Toplam Puan	Ağırlık Faktörü
			Mesleki Unvan (Puan)	Mesleki Deneyim Yılı (Puan)		
1	Liman İşletmecisi	6	5	2	7	0,051
2	Liman İşletmecisi	7	5	3	8	0,059
3	Liman İşletmecisi	9	5	3	8	0,059
4	Liman İşletmecisi	3	5	1	6	0,044
5	Acenta	11	4	4	8	0,059
6	Acenta	5	4	2	6	0,044
7	Acenta	6	4	2	6	0,044
8	Acenta	5	4	2	6	0,044
9	Acenta	9	4	3	7	0,051
10	Acenta	16	4	5	9	0,066
11	Acenta	3	4	1	5	0,037
12	Acenta	5	4	2	6	0,044
13	Acenta	8	4	3	7	0,051
14	Acenta	2	4	1	5	0,037
15	Acenta	18	4	5	9	0,066
16	Acenta	3	4	1	5	0,037
17	Acenta	2	4	1	5	0,037
18	Çay Fab. Müd.	15	3	4	7	0,051
19	Çay Fab. Müd.	35	3	5	8	0,059
20	Çay Fab. Müd.	35	3	5	8	0,059

Tablo 18, aynı kök düğüm için uzman değerlendirmelerini ve her bir risk parametresi için her bir dilsel değişkenin toplanmış değerlerini listelemektedir. Son olarak, her bir soru için uzmanların birleştirilmiş inanç dereceleri, Eşitlik (2) (ağırlıklandırma formülü) kullanılarak hesaplanmış ve bu sayede farklı uzman

değerlendirmeleri ağırlıklı ortalama yöntemiyle birleştirilerek uzman görüşlerinden kaynaklanabilecek belirsizlikler en aza indirilmiştir.

Tablo 18. RF 1.1 için uzman değerlendirmeleri ve birleştirilmiş sonuçlar

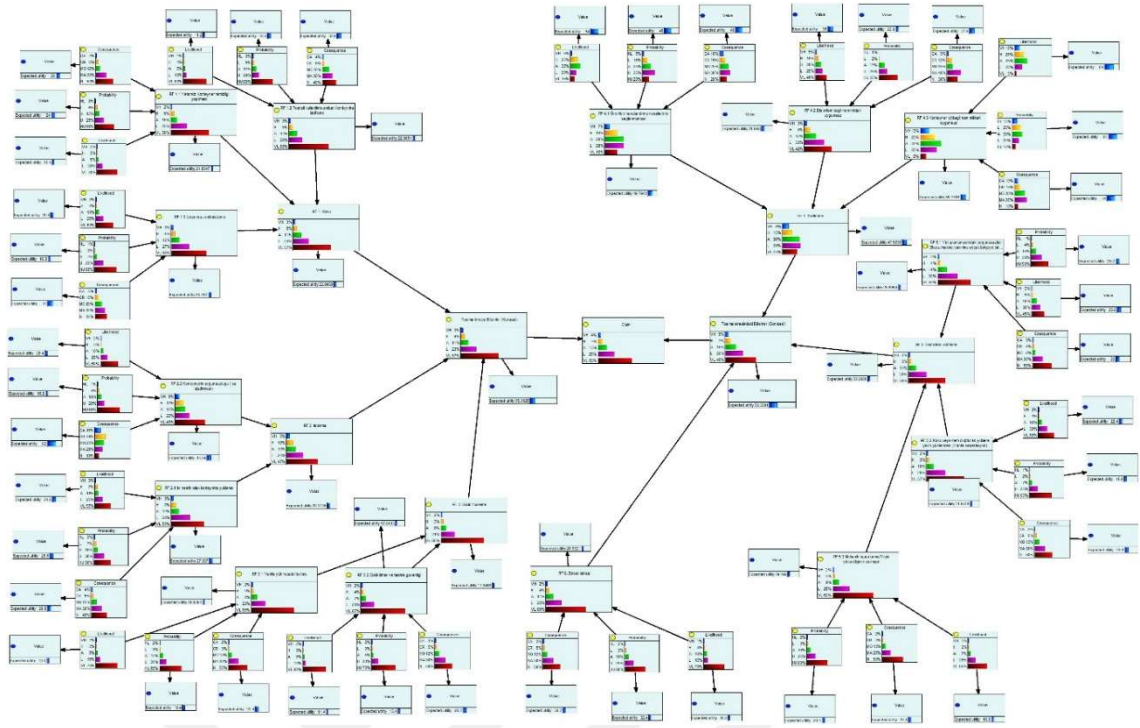
Risk Parametresi	Olasılık					Tespit Edilememe Olasılığı					Sonuçların Ciddiyeti				
	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Önemsiz	Marjinal	Orta	Kritik	Felaket
Uzman															
1	80	10	10			40	25	20	15		40	25	20	10	5
2	85	85	85			55	35	10			60	20	20		
3	90	5	5			55	45				50	25	25		
4	95	5				85	15				80	10	10		
5	55	35	10			50	30	10	10		40	20	20	10	10
6	65	25	10			60	20	10	10		45	25	20	10	
7	75	25				50	40	10			40	30	10	10	10
8	80	15	5			55	45				60	30	10		
9	80	20				40	30	15	15		80	20			
10	75	25				90	10				75	15	5	5	
11	80	15	5			70	20	10			60	30	10		
12	75	25				85	10	5			50	40	5	5	
13	35	25	10	20	10	80	10	10			55	35	5	5	
14	60	15	10	5	10	80	15	5			55	35	10		
15	60	20	10	5	5	30	20	20	20	10	40	30	10	10	10
16	40	25	25	5	5	60	20	10	5	5	40	40	10	10	
17	45	30	15	15	5	50	15	10	10	10	40	40	10	10	
18	80	20				30	30	30	10		40	40	10	10	
19	65	30	5			35	30	30	5		30	50	10	10	
20	65	20	5	5	5	25	25	25	15	10	30	40	20	10	
Toplanmış Sonuçlar	70	20	5	3	2	55	25	12	6	2	50	30	12	6	2

Aynı hesaplamalar tüm risk faktörleri için de uygulanmış ve böylece BN'nin girdi verileri elde edilmiştir. Tablo 19, tüm alt risk faktörlerinin her bir risk parametresi için toplam inanç derecelerini ayrıntılı olarak sunmaktadır.

Tablo 19. Risk parametreleri için toplu inanç dereceleri

Tespit Edilememe																
Olasılık					Olasılığı						Sonuçların Ciddiyeti					
Alt Risk Faktörü	Çok	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Önemsiz	Marjinal	Orta	Kritik	Felaket	
RF 1.1	70	20	5	3	2	55	25	12	6	2	50	30	12	6	2	
RF 1.2	80	10	5	4	1	60	20	12	5	3	40	30	20	6	4	
RF 1.3	60	25	10	3	2	35	25	7	2	1	35	30	20	10	5	
RF 2.1	55	25	10	7	3	50	30	10	7	3	45	30	15	6	4	
RF 2.2	60	25	10	3	2	65	20	10	4	1	10	20	25	30	15	
RF 3.1	75	15	5	3	2	65	20	10	3	2	55	30	10	3	2	
RF 3.2	80	10	5	3	2	70	20	5	3	2	50	30	12	5	3	
RF 4.1	15	20	35	25	5	20	35	25	15	5	20	30	25	15	10	
RF 4.2	40	25	20	10	5	55	25	17	2	1	30	40	15	12	3	
RF 4.3	15	25	35	20	5	15	25	30	20	10	10	35	30	15	10	
RF 5.1	50	30	15	4	1	45	30	18	5	2	55	30	18	5	2	
RF 5.2	55	30	10	3	2	65	25	7	2	1	50	30	13	5	2	
RF 5.3	65	25	7	2	1	60	25	10	3	2	60	25	10	3	2	
RF 6	70	15	10	4	1	60	25	10	3	2	50	30	12	5	3	

Kullanılan yaklaşımda analiz için BN’de, arıza modları, kök (root), ara (intermediate) ve yaprak (leaf/genel risk) düğümleri için kurallar geliştirilmiştir. Risk faktörlerine ilişkin bazı kurallar Tablo 20’de sunulmaktadır. Her bir risk parametresinin beş durumu olduğundan, 125 ($5 \times 5 \times 5$) kural tanımlanmıştır. Ayrıca arıza modları ve kök düğümler için beş durum mevcuttur: çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek. Tüm kategorilerdeki ebeveyn düğümünün sayısına göre kural türetilmiştir. Türetilen kurallardan koşullu olasılık tabloları (CPT) oluşturulmuş ve BN düğümlerinin marjinal olasılıkları, türetilen kurallar ve Eşitlik (4) göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Bu çalışmada BN hesaplamaları için Genie yazılımı kullanılmıştır. Tüm düğümlerin olasılık dağılımları Şekil 3’te aşağıda sunulmuştur.



Şekil 3. Siyah çayın deniz yoluyla taşınması esnasındaki risklere ilişkin risk modellemesi

Tüm arıza modları ve bileşen düğümleri için marjinal olasılıklar hesaplandıktan sonra, tüm düğümlerin CV (Net Değer) değerleri Eşitlik (6)'daki doğrusal fayda fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Böylelikle BN ağındaki tüm düğümlerin risk değerlendirme sonuçları elde edilmiştir. Siyah çayın deniz yoluyla taşınması esnasındaki riskler ile ilgili risk değerlendirme sonuçları Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Risk ve alt faktörler için net değerler (Crisp Values)

Risk Faktörü	Net Risk Değeri (Crisp Value)	Alt Faktörler	Net Risk Değeri (Crisp Value)
R F 1	22.909	RF 1.1	21.804
		RF 1.2	22.065
		RF 1.3	24.752
RF 2	30.313	RF 2.1	27.037
		RF 2.2	33.59
		RF 3.1	18.05
RF 3	17.846	RF 3.2	17.64
		RF 4.1	49.79
		RF 4.2	31.868
RF 4	47.58	RF 4.3	59.791
		RF 5.1	25.696
		RF 5.2	21.672
RF 5	22.206	RF 5.3	19.192
RF 6	20.932		

Modelin geçerliliği, duyarlılık analizi (Jones vd., 2010) yoluyla test edilmiştir. Duyarlılık analizi için Genie yazılımındaki tornado diyagramları kullanılmıştır. Böylece tüm olası senaryolar simüle edilmiş ve Genie’de basit bir duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Duyarlılık analizi, genel riskin "çok yüksek" ve "çok düşük" durumlarına göre yapılmıştır.

Tornado diyagramı (Bakınız Şekil 6), her bir kök nedenin nihai risk olasılığı üzerindeki etkisini sıralamaktadır. Bu analiz, hangi faktörlerin en çok risk yarattığını ve hangilerinin riskten kaçınmak için en kritik olduğunu göstermektedir. Tablo 21, riskin "çok yüksek" seviyeye çıkmasına en çok neden olan faktörleri önem sırasına göre listelemektedir. Benzer şekilde, Tablo 22, nihai riskin "çok düşük" seviyede tutulması için kontrol edilmesi en önemli olan faktörleri göstermektedir. Görüldüğü gibi, her iki senaryoda da en etkili faktörlerin sıralaması aynıdır; bu da risk yönetiminde hangi faktörlere öncelik verilmesi gerektiği konusunda net bir yol haritası sunmaktadır.

Tablo 21. Taşıma öncesi ve sırasında riskin çok yüksek olduğu durumlarda etkili olan faktörler

Öncelik Sırası	Risk Faktörü Kodu	Risk Faktörü Açıklaması
1	RF 4.3	Konteyner İçi Bağlı Nem Miktarının Uygunsuzluğu
2	RF 4.1	Önerilen Havalandırma Koşullarının Sağlanmaması
3	RF 2.2	Konteynerin Uygunsuzluğu (Su Sızdırması)
4	RF 4.2	Dış Ortam Bağlı Nem Miktarının Uygunsuzluğu
5	RF 5.1	Yük Planlamasındaki Uygunsuzluk
6	RF 1.3	Uygunsuz Ambalajlama
7	RF 2.1	İçi Nemli Konteynıra Yükleme
8	RF 5.2	Koku veya Nem Oluşturan Yüklere Yakın Yükleme
9	RF 1.2	Pestisit Kullanılmış Konteynıra İstifleme
10	RF 1.1	Yetersiz Konteyner Temizliği
11	RF 6	Böcek İstilasası
12	RF 5.3	Mekanik Hasarlanma/Yığın Yüksekliğinin Aşılması
13	RF 3.1	Yanlış Yük Hesabı/Tartma
14	RF 3.2	Eksik Liman ve Taşıma Güvenliği

Tablo 22. Taşıma öncesi ve sırasında riskin çok düşük olduğu durumlarda etkili olan faktörler

Öncelik Sırası	Risk Faktörü Kodu	Risk Faktörü Açıklaması
1	RF 4.2	Dış Ortam Bağlı Nem Miktarının Uygunsuzluğu
2	RF 2.2	Konteynerin Uygunsuzluğu (Su Sızdırması)
3	RF 5.2	Koku veya Nem Oluşturan Yüklere Yakın Yükleme
4	RF 1.2	Pestisit Kullanılmış Konteynıra İstifleme
5	RF 2.1	İç Nemli Konteynıra Yükleme
6	RF 3.1	Yanlış Yük Hesabı/Tartıma
7	RF 5.3	Mekanik Hasarlanma/Yığın Yüksekliğinin Aşılması
8	RF 1.1	Yetersiz Konteyner Temizliği
9	RF 6	Böcek İstilasası
10	RF 1.3	Uygunsuz Ambalajlama

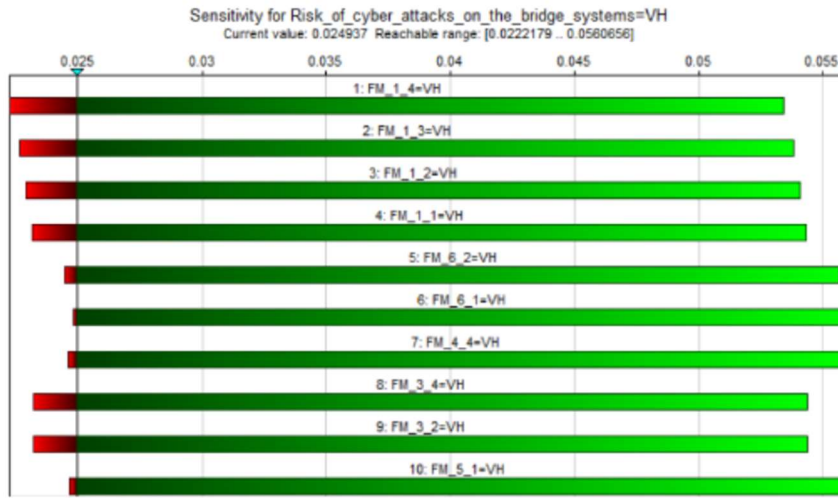


Fig. 5. Outcomes of the sensitivity analysis when the overall risk is very high.

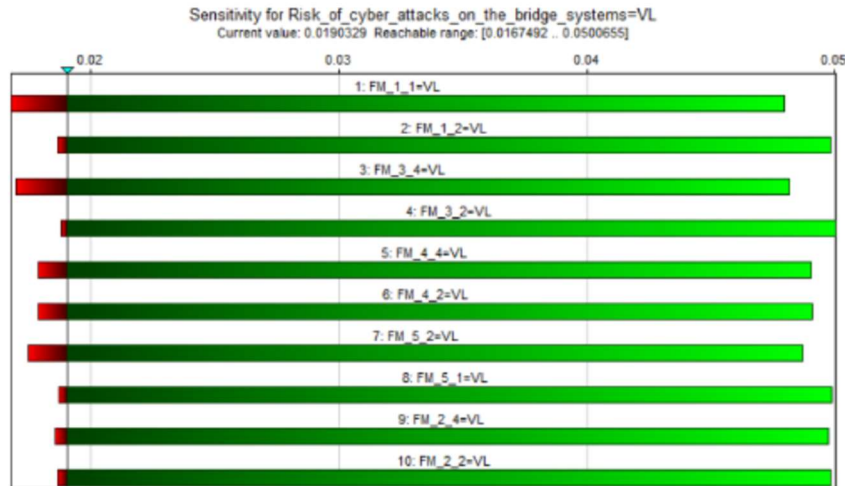


Fig. 6. Outcomes of the sensitivity analysis when the overall risk is very low.

Şekil 4. Taşıma öncesi ve sırasında riskin çok düşük ve çok yüksek olduğu durumlarda duyarlılık analizinin sonuçları

7. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, siyah çayın deniz taşımacılığı sırasında kalite kaybına neden olan risk faktörlerini belirlemek için Hata Modları ve Etki Analizi (FMEA) ile kural tabanlı Bayes Ağlarını bir araya getiren yenilikçi bir metodoloji sunmaktadır. Bulgular, kalite kaybına en fazla katkıda bulunan faktörlerin sırasıyla konteyner içi bağıl nem miktarının uygunsuzluğu (RF 4.3), önerilen havalandırma koşullarının sağlanmaması (RF 4.1), konteynerin su sızdırması nedeniyle uygunsuzluğu (RF 2.2) ve dış ortam bağıl nem miktarının uygunsuzluğu (RF 4.2) olduğunu göstermektedir. Bu sıralama, siyah çayın higroskopik yapısı nedeniyle taşıma süresince çevresel koşullara son derece duyarlı olduğunu ve taşımacılık zincirinde mikroklimatik kontrol eksikliklerinin kalite üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Konteyner içi bağıl nem miktarının uygunsuzluğu, ürün kalitesinde kayıplara neden olan en kritik unsur olarak öne çıkmaktadır. Siyah çayın higroskopik özellikleri, çevresindeki atmosferdeki nem oranına bağlı olarak su absorbe etmesine veya kaybetmesine yol açmaktadır. Bu değişim, çayın duyu ve kimyasal bileşenlerini etkileyerek aroma kaybına, renk değişimine ve mikrobiyal aktivitenin artmasına neden olmaktadır. Palacios-Cabrera ve arkadaşları (2007), gıda ürünlerinin taşımacılığı sırasında nem dengesinin korunmasının kalite kayıplarını önlemede kritik bir faktör olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, Carraturo ve arkadaşları (2018), konteyner içi nem denetimi yapılmadığında mikrobiyal riskin önemli ölçüde arttığını rapor etmiştir. Siyah çay özelinde yapılan çalışmalar, %9'un üzerindeki bağıl nem seviyelerinin küf oluşumuna uygun koşullar yarattığını ve çayın toplam polifenol içeriğinde önemli azalmalar meydana getirdiğini göstermektedir. Bu bağlamda, konteyner içi bağıl nemin uygun aralıklarda tutulması, sadece kimyasal bileşimin korunması için değil, aynı zamanda ticari değer açısından da kritik bir husustur.

Önerilen havalandırma koşullarının sağlanmaması, ikinci en önemli risk faktörü olarak öne çıkmıştır. Yetersiz havalandırma, konteyner içindeki hava sirkülasyonunun yetersiz kalmasına ve su buharının uzaklaştırılamamasına neden olarak yüzeylerde yoğunlaşma ve bunun sonucu olarak mikrobiyal gelişim riskini artırmaktadır. Csavajda ve Böröcz (2019), konteynerlerdeki havalandırma eksikliğinin

tropikal ve nemli rotalarda taşınan yüklerde yoğuşma kaynaklı kalite kayıplarına yol açtığını vurgulamaktadır. Havalandırma sistemlerinin yetersizliği, özellikle siyah çay gibi hassas ürünlerde, aroma kaybını ve nem nedeniyle ambalaj malzemesinin bozulmasını hızlandırmaktadır.

Konteynerin su sızdırması nedeniyle uygunsuzluğu (RF 2.2), üçüncü önemli risk faktörü olarak belirlenmiştir. Taşımacılık sırasında konteynerlerin yapısal bütünlüğünde meydana gelen hasarlar—örneğin yan ve tavan panellerinde oluşan delikler, korozyona bağlı incelmeler, contaların deformasyonu veya kapakların tam kapanmaması—tuzlu deniz suyunun konteyner içine sızmasına yol açmaktadır. Bu sızıntılar, çayın higroskopik yapısı nedeniyle ürünün nem dengesini bozar hem fiziksel nemlenmeye hem de deniz tuzu partiküllerinin çayın tat profili ve kimyasal bileşimi üzerinde olumsuz etkilerine neden olur. Bu bulguyu destekleyen Wagner Meters (2019) raporunda, konteyner taşımacılığında nem ve su kaynaklı hasarın yaklaşık %10 oranında meydana geldiği belirtilmiştir.

Dış ortam bağıl nem miktarının uygunsuzluğu (RF 4.2) ise, konteyner içi mikroklimatik koşulların dış çevresel faktörlerden tam olarak izole edilemediğini göstermektedir. Doğal havalandırma kullanılan konteynerlerde, dış ortamdaki nemin konteyner içindeki bağıl nem dengesini doğrudan etkileyebileceği anlaşılmaktadır. Bu durum, dış çevresel koşulların iç ortamda ikincil etkiler yaratabileceğine işaret eden (Elrayies, 2017; Yuen vd., 2022) bulgularıyla da uyumludur.

Bu çalışma, geleneksel FMEA yaklaşımının Bayesyen analiz ile entegrasyonu sayesinde risk faktörlerinin yalnızca ayrı ayrı değil, aynı zamanda birbirleriyle olan olasılık ilişkileri açısından da değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Bu metodoloji, taşıma zincirindeki karmaşık nedensel ilişkilerin ve belirsizliklerin daha etkin biçimde analiz edilmesini sağlamış ve risk yönetimi açısından kapsamlı bir bakış açısı sunmuştur. Ayrıca, uzman görüşlerinin ağırlıklandırılması yöntemi ile modelin sağlamlığı artırılmış, böylece öznel değerlendirmelerden kaynaklanabilecek sapmalar minimize edilmiştir.

Sonuç olarak, siyah çayın deniz taşımacılığı sırasında kalite kayıplarını önlemek için konteyner içi çevresel koşulların dikkatle izlenmesi, önerilen havalandırma koşullarının sağlanması ve konteyner bütünlüğünün korunması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, entegre FMEA–Bayes Ağı yaklaşımı ile, siyah çay

lojistiğinde kalite koruma stratejilerinin geliştirilmesine yönelik bilimsel bir temel sunmakta ve deniz taşımacılığı sürecinde kalite kayıplarının önlenmesi için uygulanabilir bir karar destek aracı sağlamaktadır.

7.1. Sonuç

Bu çalışma, siyah çayın deniz taşımacılığı sırasında kalite kaybına yol açan risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla Hata Modları ve Etki Analizi (FMEA) ile kural tabanlı Bayes Ağlarını birleştiren yenilikçi bir yaklaşım ortaya koymuştur. Bulgular, siyah çayın en fazla kalite kaybına maruz kalmasına neden olan risklerin sırasıyla konteyner içi bağıl nem miktarının uygunsuzluğu (RF 4.3), önerilen havalandırma koşullarının sağlanmaması (RF 4.1), konteynerin su sızdırması nedeniyle uygunsuzluğu (RF 2.2) ve dış ortam bağıl nem miktarının uygunsuzluğu (RF 4.2) olduğunu göstermektedir. Bu faktörler, özellikle siyah çayın higroskopik yapısından kaynaklanan nem hassasiyetine bağlı olarak ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinde bozulmalara yol açmaktadır.

Çalışmanın sonuçları hem bilimsel hem de pratik açıdan önemli katkılar sağlamaktadır. Bilimsel olarak, geleneksel FMEA metodolojisinin Bayesyen çıkarım teknikleri ile entegre edilmesi, deniz lojistik süreçlerinde belirsizliklerin ve karmaşık nedensel ilişkilerin daha etkin bir şekilde analiz edilmesini mümkün kılmıştır. Pratik açıdan ise, bu yaklaşım, taşıma zincirindeki paydaşlara, özellikle çay lojistiği ile uğraşan ihracatçılara ve lojistik şirketlerine, kalite kaybı risklerini önceden tahmin etme ve gerekli önlemleri zamanında alma olanağı sağlamaktadır.

7.2. Öneriler

Bu bağlamda, siyah çayın taşınması sırasında kalite kaybı risklerini azaltmak için aşağıdaki önleyici tedbirlerin uygulanması önerilmektedir:

Taşıma süreci boyunca konteyner içindeki bağıl nem seviyelerinin sürekli olarak izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, sensör tabanlı izleme sistemlerinin entegrasyonu ve nem seviyesinin önerilen sınır değerler dışında seyrettiği durumlarda aktif nem kontrol mekanizmalarının (örneğin, higroskopik nem alıcılar veya otomatik nem düzenleyici cihazlar) kullanımı önerilmektedir. Bu yaklaşım, çayın higroskopik doğası nedeniyle nem dalgalanmalarına karşı hassasiyetini minimize etmeye

yöneliktir. Konteyner içi bağıl nem seviyesinin düzenli olarak izlenmesi ve gerekli durumlarda aktif nem kontrol sistemlerinin (ör. nem alıcılar veya nem düzenleyici cihazlar) entegrasyonu.

Önerilen havalandırma koşullarının sağlanması için standart konteynerlardaki hava giriş-çıkış deliklerinin tıkanıklıkları sık sık kontrol edilmeli. Ayrıca konteyner hacmi, iç nem seviyesi ve taşıma süresine göre desiccant miktarı hesaplanarak yerleştirilmesi veya vapor-barrier veya shrink-wrap bariyerlerin kullanılmasının zorunlu hale getirilmesi önerilmektedir.

Taşıma öncesinde konteynerlerin yapısal bütünlüğünün ve sızdırmazlık özelliklerinin detaylı bir şekilde denetlenmesi, su sızıntısı riski taşıyan veya hasar görmüş konteynerlerin operasyonlardan çıkarılması gerekmektedir. Bu tür önlemler, özellikle deniz suyu penetrasyonunun higroskopik yükler üzerinde yaratabileceği kalite bozulmalarını önlemede kritik bir rol oynayacaktır.

Taşıma rotalarının ve olası mevsimsel iklim değişkenliklerinin analizi, dış çevresel bağıl nemin yüksek olduğu bölgelerde ek izolasyon önlemlerinin alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda, konteynerlerin termo-izolasyon özelliklerinin iyileştirilmesi ve olumsuz çevresel etkilerin minimize edilmesi için lojistik planlamalarda meteorolojik verilerin etkin kullanımı önerilmektedir.

7.3. Çalışmanın Kısıtları

Bununla birlikte, çalışmanın bazı kısıtları mevcuttur. Özellikle, risk değerlendirmesi için kullanılan olasılık verileri tamamen uzman görüşlerine dayalıdır ve bu durum, değerlendirmelere bir miktar öznel unsurların dâhil olmasına neden olmuştur.

7.4. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Gelecekte yapılacak çalışmalar, sefer sırasında konteyner içindeki sıcaklık, bağıl nem ve hava sirkülasyonu gibi çevresel değişkenleri kaydeden sensör tabanlı veri toplama sistemlerinin entegrasyonunu içerebilir. Ayrıca, farklı iklim ve coğrafi koşullarda modelin uygulanabilirliğinin test edilmesi ve dinamik Bayes Ağlarının kullanılması, taşıma süresince zaman bağımlı risk değerlendirmelerine katkı sağlayabilir. Bu tür genişletilmiş analizler, siyah çay ve benzeri higroskopik ürünlerin

deniz taşımacılığı sırasında maruz kaldığı kalite kaybı risklerinin daha etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyacaktır.



KAYNAKÇA

- Abd El-Aty, A. M., Choi, J. H., Rahman, M. M., Kim, S. W., Tosun, A., and Shim, J. H. (2014). Residues and contaminants in tea and tea infusions: A review. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 31(11), 1794–1804.
- Ahmed S., M. A. K. Shishir, M. R. Islam, M. M. Hoque, ve S. M. A. Z. S. Al-Ghamdi. (2021). Potential Impact of the Current and Future Climate on the Yield, Quality, and Climate Suitability for Tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]: A Systematic Review. *Agronomy*, 11(4), 619.
- Alpilener top 100 (2025) <https://alphaliner.axsmarine.com/PublicTop100/>
- Alyami, H., Lee, P. T. W., Yang, Z., Riahi, R., Bonsall, S., and Wang, J. (2014). An advanced risk analysis approach for container port safety evaluation. *Maritime Policy and Management*, 41(7), 634–650.
- Avisnash D. (2024). Specialty Tea Market to Reach \$10.74 Billion, Globally, by 2033 at 6% CAGR: The Brainy Insights. The Bainy insights.
- Azapagic, A., Bore, J., Cheserek, B., Kamunya, S., and Elbehri, A. (2016). The global warming potential of production and consumption of Kenyan tea. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4031–4040.
- Bai, F., Chen, G., Liu, Y., Liao, Z., Jiang, Z., Hu, Y., Hou, R., Li, H., Peng, C., Wan, X., and Cai, H. (2025). Tea storage process: Flavor scalping in green tea caused by plastic packaging materials. *Food Packaging and Shelf Life*, 48.
- Barry M. (2022). Inelastic Demand Protects Coffee and Tea Industries from Inflation.
- Batool, D., Shahbaz, M., Shahzad Asif, H., Shaukat, K., Alam, T. M., Hameed, I. A., Ramzan, Z., Waheed, A., Aljuaid, H., and Luo, S. (2022). A hybrid approach to tea crop yield prediction using simulation models and machine learning. *Plants*, 11(15).
- BMT. (2025). Infobox on Tea. Alındığı adres: <https://www.cargohandbook.com/Tea>
- Bortoni, E. D. C., Siniscalchi, R. T., Vaschetto, S., Darmani, M. A., and Cavagnino, A. (2021). Efficiency mapping and weighted average efficiency for large hydrogenerators. *IEEE Open Journal of Industry Applications*, 2, 11–20.
- Brun, A., and Savino, M. M. (2018). Assessing risk through composite FMEA with pairwise matrix and Markov chains. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(9), 1709–1733.
- Cardiel-Ortega, J. J., and Baeza-Serrato, R. (2023). Failure mode and effect analysis with a fuzzy logic approach. *Systems*, 11(7).

- Carraturo, F., De Castro, O., Troisi, J., De Luca, A., Masucci, A., Cennamo, P., Trifuoggi, M., Aliberti, F., and Guida, M. (2018). Comparative assessment of the quality of commercial black and green tea using microbiology analyses. *BMC Microbiology*, 18(1).
- Chang, C. H., Kontovas, C., Yu, Q., and Yang, Z. (2021). Risk assessment of the operations of maritime autonomous surface ships. *Reliability Engineering and System Safety*, 207.
- Chen, C., and Weng, Y. K. (2010). Moisture sorption isotherms of oolong tea. *Food and Bioprocess Technology*, 3(2), 226–233.
- Cho, H., and Lee, J. (2020). Does transportation size matter for competitiveness in the logistics industry? The cases of maritime and air transportation. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 36(4), 214–223.
- Credebceresearch <https://www.credenceresearch.com/report/ready-to-drink-rtd-tea-market>
- Csavajda, P., and Böröcz, P. (2019). Climate conditions in ISO container shipments from Hungary to South Africa and Asia. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47(3), 233–241.
- Çay işletmeleri genel müdürlüğü (2016). Çay sektörü raporu.
- Çaykur (1984) <https://buyfromturkey.co/listing/caykur-tea-cultivation-in-turkey/>
- Çaykur t.y. <https://www.caykur.gov.tr/Pages/Kurumsal/KurumHakkinda.aspx>
- Çaymer, (2018). Rize Çayı Coğrafi İşaretinin Teknik Özellikleri, Küçük ve Orta Büyüklükteki Çay İşletmelerinin Coğrafi İşarete Uyumu Üzerine Rapor.
- Çaysiad (1996). Türk Gıda Kodeksi Siyah Çay Tebliği.
- Dai, J., Sameen, D. E., Zeng, Y., Li, S., Qin, W., and Liu, Y. (2022). An overview of tea polyphenols as bioactive agents for food packaging applications. *LWT*, 167.
- Daniel M. Bernhofen, Zouheir El-Sahli, Richard Kneller, (2016) Estimating the effects of the container revolution on world trade, 98, (36-50).
- David M. DeMarini, William Gwinn, Emily Watkins, Brad Reisfeld, Weihsueh A. Chiu, Lauren Zeise vd. (2025). IARC Workshop on the Key Characteristics of Carcinogens: Assessment of End Points for Evaluating Mechanistic Evidence of Carcinogenic Hazards 133-2.
- Dilek C. ve Üçüncü O. (2022). ISO 22000 Gıda güvenliği yönetim sisteminin çay fabrikalarındaki uygulanabilirliği, 12(4).

- Dmowski, P., and Ruszkowska, M. (2018). Equilibrium moisture content importance in safe maritime transport of black tea. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 12(2), 399–404.
- Dong-Hua Wang, Chung-Ching Chen and Cheng-Sheng Lai (2011). The rationale behind and effects of Bunker Adjustment Factors, 19(4).
- Du Plessis, F., Goedhals-Gerber, L. L., and van Eeden, J. (2023). Forecasting fruit export damages and enhancing food safety through risk management. *Sustainability (Switzerland)*, 15(21).
- Durlik I., Miller T., Kostecka E. and Tunski T. (2024). Artificial Intelligence in Maritime Transportation: A Comprehensive Review of Safety and Risk Management Applications, 14 (18), 8420.
- Er B., Beşer Ö. and Öktem A.B., (2007). A Study On Evaluation Of Conformity Of Black Teas Produced In Turkey With Turkish Food Codex 32(5).
- Erkal H. (2025). Çay ürün raporu 2025
- Elrayies, G. M. (2017). Thermal performance assessment of shipping container architecture in hot and humid climates. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 7(4), 1114–1126.
- FAO. (2024). Current global market situation and medium-term outlook.
- Filipenco D. (2025). World's largest tea-producing countries.
- FOA. (2025). Tea _ Markets and Trade _ Food and Agriculture Organization of the United Nations. Alındığı adres: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/beverages/tea/en>
- GDV. (2025). Tea Risk factors and loss prevention. Alındığı adres: https://www.tis-gdv.de/tis_e/ware/genuss/tee/tee-htm/#container
- Hazarika, L. K., Bhuyan, M., and Hazarika, B. N. (2009). Insect pests of tea and their management. *Annual Review of Entomology*, 54, 267–284.
- Hicks, A. (2008). Current status and future development of global tea production and tea products. *AU J.T*, 12(4).
- Huang, J., You, J. X., Liu, H. C., and Song, M. S. (2020). Failure mode and effect analysis improvement: A systematic literature review and future research agenda. *Reliability Engineering and System Safety*, 199.
- Imarc (2025). Tea Market Report 2025-2033, 5.
- Ikegaya, A., Kosugi, T., Toyoizumi, T., Nagafuji, A., Yamazaki, S., and Arai, E. (2021). Ingenuity in packaging maintains the quality of fresh fruits and vegetables in

- mixed cargo exported by sea. *Packaging Technology and Science*, 34(11–12), 693–708.
- International Standart (2015). Black tea — Definition and basic requirements.
- International Institute for Sustainable Development (IISD). (2024). Global Market Report: Tea prices and sustainability.
- International Transport Forum (ITF). (2024). The Red Sea Crisis: Impacts on global shipping and the case for international co-operation. ITF/OECD.
- International Tea Committee (ITC), Annual Bulletin of Statistics, veriler via “The Global Tea Report 2024”, Tea & Coffee Trade Journal.
- Jones, B., Jenkinson, I., Yang, Z., and Wang, J. (2010). The use of Bayesian network modelling for maintenance planning in a manufacturing industry. *Reliability Engineering and System Safety*, 95(3), 267–277.
- Kaptan, M. (2022). Estimating human error probability in transporting steel cargo with bulk carriers using a hybrid approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 236(2), 303–314.
- Kaptan, M., and Bayazit, O. (2023). Fuzzy Bayesian network analysis of the factors causing food losses in reefer containers. *Journal of Food Process Engineering*, 1.
- Karaçimen, E., Değirmenci, E., & Çelik, C., (2025). Gendered Dynamics of Rural Livelihood Diversification: Tea Farmers in the Black Sea Region of Turkey. *JOURNAL OF CONTEMPORARY ASIA*, vol.2025, 1-23.
- Ketenci H.Ç. and Büyük Y. (2021). The primitive cable car (varangel) accident-related fatalities: A retrospective autopsy study 27(3).
- Korkmaz Görür, F., Keser, R., Akçay, N., Dizman, S., and Okumuşoğlu, N. T. (2011). Radionuclides and heavy metals concentrations in Turkish market tea. *Food Control*, 22(12), 2065–2070.
- Kotenko, S., Ilchenko, S., Kasianova, V., Diakov, V., Mashkantseva, S., and Nitsenko, V. (2022). Determination of the expected value of losses caused by the cargo transportation insurance risks by water transport. *Inventions*, 7(3).
- Liu Y. and Gao H., (2018). Traceability Management for the Food Safety along the Supply Chain Collaboration of Agricultural Products 7(2).
- Maciejewski G., Mokrysz S. and Kita P. (2024). Innovations on the Tea Market in the Face of the Observed Megatrends in Consumption
- Marhavilas, P. K., Filippidis, M., Koulinas, G. K., and Koulouriotis, D. E. (2020). A HAZOP with MCDM based risk-assessment approach: Focusing on the

- deviations with economic/health/environmental impacts in a process industry. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3).
- Masato D. and Kim S.K. (2024). Global Workforce Challenges for the Mold Making and Engineering Industry 16(1).
- Mel. N., Peiris P., Herath S., Silva A., Cooke A. (2023). Sri lanka tea board, Annual Report 2023.
- Merhi, A., Taleb, R., Elaridi, J., and Hassan, H. F. (2022). Analytical methods used to determine pesticide residues in tea: A systematic review. *Applied Food Research*, 2(1).
- Mowbary S. (2024). Climate change brews trouble for tea industry, but circular solutions await.
- Musa Y. (2024). Overview of the tea market in Turk
- Nuankaew, P., Chaising, S., and Temdee, P. (2021). Average weighted objective distance-based method for type 2 diabetes prediction. *IEEE Access*, 9, 137015–137028.
- Ocieczek, A., Puksza, T., Żyłka, K., and Kirieieva, N. (2023). The influence of storage conditions on the stability of selected health-promoting properties of tea. *LWT*, 184.
- Omer A.A.A., Zhang C., Liu J. and Shan Z., (2025). Comprehensive review of mapping climate change impacts on tea cultivation: bibliometric and content analysis of trends, influences, adaptation strategies, and future directions (15).
- Palacios-Cabrera, H. A., Menezes, H. C., Iamanaka, B. T., Canepa, F., Teixeira, A. A., Carvalhaes, N., Santi, D., Leme, P. T. Z., Yotsuyanagi, K., and Taniwaki, M. H. (2007). Effect of temperature and relative humidity during transportation on green coffee bean moisture content and ochratoxin A production. *Journal of Food Protection*, 70(1).
- Pan, K., Liu, H., Gou, X., Huang, R., Ye, D., Wang, H., Glowacz, A., and Kong, J. (2022). Towards a systematic description of fault tree analysis studies using informetric mapping. *Sustainability (Switzerland)*, 14(18).
- Park, C., Kontovas, C., Yang, Z., and Chang, C. H. (2023). A BN driven FMEA approach to assess maritime cybersecurity risks. *Ocean and Coastal Management*, 235.
- Pereda, P. C., and Lucchesi, A. (2022). Alternative frameworks for cost-effectiveness analysis of environmental policies in maritime transport. *Maritime Economics and Logistics*, 24(3), 630–650.
- Pérez-Mesa, J. C., Barranco, M. C. G., Giagnocavo, C., and Rubio, J. H. (2023). Seeking new strategic options for promotion of intermodal transport in

- perishables: The use of short sea shipping. *Research in Transportation Business and Management*, 50.
- Pulidindi K. and Ahuja K. (2025). RTD Tea Market Size- By Product Type, Packaging Type, Sweetness Level, Functional Benefits, Distribution Channel, Growth Forecast, 2025 – 2034.
- Rainforest Alliance, (2023). Project Profile: Advancing the Sustainable Tea Sector in Türkiye, 28.
- Rucitra, A. L., and Amelia, J. (2021). Quality control of bottled tea packaging using the Statistical Quality Control (SQC) and the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1).
- Saklı A.S. (2019). Türk Çay Sektöründe Yasal Gelişim ve 1984 Serbestleştirilmesi, 14-2.
- Savcı M. and Haftacı V. (2019). Çay İşletmelerinde Değer Zinciri Faaliyetlerinin Üretim Maliyetlerine Etkisinin Değerlendirilmesi, 37,121-144.
- Selvaraj S. and Gurumurthy K. (2024). Metagenomic, organoleptic profiling, and nutritional properties of fermented kombucha tea substituted with recycled substrates, 15.
- Shen, L., Zhu, G., Qian, X., Zhang, L., Wang, Y., and Shi, X. (2019). Risk analysis of cold logistics chains in maritime transportation. *The 5th International Conference on Transportation Information and Safety*, 1152–1162.
- Sönmez E.Y., "NEW PROTECTION AND COMMERCIAL WARS IN INTERNATIONAL TRADE, 2019. " *International Social Sciences Studies Journal*, vol.5, no.32, pp.1756-1764.
- Statista Research Department. (2016). Annual per capita tea consumption worldwide as of 2016, by leading countries. Statista. <https://www.statista.com/statistics/507950/global-per-capita-tea-consumption-by-country/>
- Sun, J., Wang, H., and Wang, M. (2023). Risk assessment of bauxite maritime logistics based on improved FMECA and fuzzy Bayesian network. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(4).
- Suo, B., Zhao, L., and Yan, Y. (2020). A novel Dempster-Shafer theory-based approach with weighted average for failure mode and effects analysis under uncertainty. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 65.
- Takim K. and Aydemir M.E., (2023). GC-MS and LC-MS Pesticide Analysis of Black Teas Originating from Sri Lanka, Iran, Turkey, and India, 11(1).

- Tanti, A., Debnath, S., Tanti, A., Phukan, I., Dutta, P., and And Barthakur, B. K. '. (2012). Storage deterioration of quality of CTC black tea. *Two and a Bud*, 59(2), 31–33.
- Tea and Herbal Association of Canada. (2024). MONTHLY STATISTICAL SUMMARY AUGUST 2024.
- Thakur A., 2023. Blockage of the suez cana: rethinking of the global supply chain.9(7).
- The maritime executive (2023). History of Containerization: Simplicity and Economics.
- Thibault Denamiel and Evan Brown (2024). CSIS The State of Maritime Supply-Chain Threats.
- Tradecorp (2024). 20 Busiest Ports in the World in 2024: A Guide.
- Tunçel, A. L., Sezer, S. I., Elidolu, G., Uflaz, E., Akyuz, E., and Arslan, O. (2024). A rule-based Bayesian network modelling under evidential reasoning theory for risk analysis of anchoring operation in maritime transportation. *Ocean Engineering*, 292.
- Türkiye Kalkınma Ajansı, 2021. <https://www.ka.org.tr/publications>
- UNCTAD. (2023). Launch of the Review of Maritime Transport 2023. United Nations.
- UNCTAD. (2023). Review of Maritime Transport 2023. United Nations.
- UNCTAD. (2024). RMT 2024 -Chapter I. International maritime trade. United Nations.
- UNCTAD. (2024). Review of Maritime Transport 2024. United Nations.
- UNCTAD. (2024). Navigating troubled waters: Impact to global trade of disruption of shipping routes. United Nations.
- UNCTAD. (2025). Launch of the Review of Maritime Transport 2025. United Nations.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2024). Review of Maritime Transport 2024: Navigating Maritime Chokepoints. Geneva, Switzerland: UNCTAD
- United States Department of Agriculture projections 2025. <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details?&pubid=37818>
- Uflaz, E., Sezer, S. I., Tunçel, A. L., Aydin, M., Akyuz, E., and Arslan, O. (2024). Quantifying potential cyber-attack risks in maritime transportation under Dempster–Shafer theory FMECA and rule-based Bayesian network modelling. *Reliability Engineering and System Safety*, 243.

- Uygun, Y., and Jafri, S. A. I. (2020). Controlling risks in sea transportation of cocoa beans. *Cogent Business and Management*, 7(1).
- Uzundumlu A.S., Kayar S. and Bilgiç A. (2022). Efficiency and cost analysis of growing tea in Turkey, 17(4).
- Wagner Meters. (2019). Moisture-Related Damage in Shipping: Is it a Big Deal? Alındığı adres: <https://www.wagnermeters.com/moisture-meters/wood-info/moisture-shipping-damage/>
- Waheed, A., Hamid, F. S., Ahmad, H., Aslam, S., Ahmad, N., and Akbar, A. (2013). Different climatic data observation and its effect on tea crop. *J. Mater. Environ. Sci*, 4(2), 299–308.
- Wan, C., Yan, X., Zhang, D., Qu, Z., and Yang, Z. (2019). An advanced fuzzy Bayesian-based FMEA approach for assessing maritime supply chain risks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125, 222–240.
- Wang, D. ve L. Zhao. (2022). The use of alternative fuels for maritime decarbonization: Special marine environmental risks and solutions from an international law perspective. *Frontiers in Marine Science*, 9.
- Wang, H., Deng, X., Zhang, Z., and Jiang, W. (2019). A new failure mode and effects analysis method based on Dempster-Shafer theory by integrating evidential network. *IEEE Access*, 7, 79579–79591.
- Wei, G., Huang, J., and Yang, J. (2012). The impacts of food safety standards on China's tea exports. *China Economic Review*, 23(2), 253–264.
- World Bank. (2023). Black tea (fermented) and partly fermented tea, exports by country.
- Yang, Z., Bonsall, S., and Wang, J. (2008). Fuzzy rule-based Bayesian reasoning approach for prioritization of failures in FMEA. *IEEE Transactions on Reliability*, 57(3), 517–528.
- Yazdi, A. K., Tan, Y., and Leger, P. (2025). Clustering financial institutions in countries based on a hybrid random forest and induced ordered weighted averaging. *Journal of Management Analytics*.
- Yazici K. and Turgay O.C. (t.y). *World Green Tea Association Ryokucha* vol.48
- Yilmaz, Y. (2025). Health-promoting effects of black tea: A narrative review of clinical trials. *International Journal of Food Science*, 2025(1).
- Yuen, P. C., Sasa, K., Kawahara, H., and Chen, C. (2022). Statistical estimation of container condensation in marine transportation between Far East Asia and Europe. *The Journal of Navigation*, 75(1), 176–199.

Zhou, Y., Li, X., and Yuen, K. F. (2022). Holistic risk assessment of container shipping service based on Bayesian network modelling. *Reliability Engineering & System Safety*, 220.

