**BOZULABİLİR GIDA TEDARİK ZİNCİRLERİNDE ÜRETİM RİSKLERİ GÖZETİLEREK ÜRETİM-DAĞITIM PLANLAMASI: BİR SÜT İŞLEME TESİSİNDE UYGULAMA[[1]](#footnote-1)**

**Gülşah SEZEN AKAR**[[2]](#footnote-2)

**Hüseyin ŞENKAYAS[[3]](#footnote-3)**

# *ÖZET*

# *Sağlıklı nesillerin devamlılığı tüketilen gıdaların güvenilir olmasına bağlıdır. Gıda güvenliği, gıdaların kaynağında kontrol ve denetimi gerektirir. İşletmelerin görevi var olan gıda güvenliği risklerini değerlendirerek önlemler almak ve riskin kontrol altında tutulmasını ya da tamamen ortadan kaldırılmasını sağlamaktır. Bu çalışmada, bir süt işleme tesisi için gıda güvenliği riskleri değerlendirilerek üretim ve dağıtım planlaması yapılmıştır. Üretim aşamasında oluşan gıda güvenliği riskleri bulanık yaklaşım ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi kullanılarak değerlendirilmiş, bulunan toplam risk oranı, üretim ve stok maliyetleri ile ilişkilendirilerek modele eklenmiştir. Üretim, stok, elde bulundurmama, dağıtım ve gıda güvenliği risk maliyetlerinden oluşan toplam maliyet amaç fonksiyonunu minimize edecek model, karışık tam sayılı programlama yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.*

***Anahtar Kelimeler:*** *Gıda Güvenliği, Risk, Planlama, Optimizasyon, Yoğurt.*

**PRODUCTION-DISTRIBUTION PLANNING IN A DAIRY PRODUCTS FIRM CONSIDERING PRODUCTION RISKS**

# *ABSTRACT*

*Continuity of healthy generations depends on safe food consumption. Food safety requires control and inspection in the source of the food. The duty of business is to ensure, determine and measure food safety risks, taking precautions by evaluating those risks, and keeping them under control or eliminating them completely. In this study, a production and distribution plan has been made for a dairy firm by analyzing its food safety risk. The food safety risks, which occur during production phase, have been analyzed by using fuzzy approach and fuzzy analytic hierarchy process and overall risk ratio has been added on model associating it with the production and stock cost. The model that would minimize the total cost objective function which consists of production, stock, stock outs, distribution and food safety risk costs has been formed by using mixed integer programming method.*

***Keywords:*** *Food Safety, Risk, Planning, Optimization, Yoghurt.*

**1. GİRİŞ**

Gıda güvenliği kavramı hem Avrupa Birliği üyelik süreci hem de Türkiye’nin 2023 yılı ulusal hedeflerine ulaşması bakımından önemli bir kavramdır. TÜBİTAK (2004) tarafından hazırlanan Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi Belgesi’nde 2023 vizyonu, sosyoekonomik hedeflerinden yaşam standartlarının yükseltilmesi doğrultusunda, gıda güvenliğinin sağlanması ve gıdalardan kaynaklanan sağlık risklerinin azaltılmasına ilişkin tedbirlerin alınması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Geçtiğimiz yıllarda birçok ülkede meydana gelen gıdaların tüketilmesiyle ortaya çıkan ölüm vakaları ve ciddi zehirlenmeler, gıda güvenliği kavramına olan ilgiyi artırmaktadır. Ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlar konu ile ilgili raporlar yayınlamakta, denetimlerini artırmakta, vatandaşları kamu spotları ve broşürler ile bilgilendirmektedir. Bununla birlikte, gıda tedarik zincirlerine düşen görev ve sorumluluklar artmaktadır.

Gıda işletmeleri, ulusal ve uluslararası pazarlarda rekabet edebilmek ve yasal zorunlulukları yerine getirebilmek için gıda güvenliğini tam ve eksiksiz sağlayacak üretimi yapmak zorundadırlar. Gıda işletmelerinin, tedarik zinciri boyunca çiftlikten sofraya izlenebilirliği sağlanmış güvenilir gıdayı soğuk zincir kırılmadan müşterilere ulaştırması gerekmektedir. Bu bağlamda, işletmeler için var olan gıda güvenliği riskleri işletmelerin operasyonel riskleri içerisinde değerlendirilmekte ve gerekli ölçümler sonucunda önlemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Gıda tedarik zincirleri içerisinde, süt ürünlerinin kısa raf ömrüne sahip ve çabuk bozulabilir olması, Türkiye ekonomisinde doğrudan ve dolaylı istihdam sağlaması bakımından büyük önem arz etmektedir. Türkiye’de gıda işletmelerinin % 11’i süt ve süt ürünleri üretimi yapan işletmelerden oluşmaktadır (Güneş, 2013). TÜİK tarafından açıklanan 2014 verilerine göre büyükbaş süt üretimi yaklaşık 16,5 milyon civarında iken sektör tarafından işlenen süt miktarı yaklaşık 7,9 milyon ton civarındadır (TÜİK, 2015). Aradaki fark, sektörde büyük bir kayıt dışılığın olduğunu göstermektedir. Kayıt dışı üretim kontrolsüz, izlenebilirliğin sağlanamadığı, gıda güvenliği risklerinin yüksek olduğu büyük bir problemdir. Öte yandan, kayıt dışı üretim başka bir sektör sorunu olan haksız rekabeti yaratmaktadır. İnsan sağlığını tehdit eden bu durum, hammadde fiyatlarını da etkilemekte, kayıtlı işletmelerin tam kapasite çalışamamasına neden olmaktadır (Ataman, 2011).

Bu çalışma, yoğurt üretim sürecinde üretim aşamasında oluşabilecek gıda güvenliği risklerinin değerlendirilmesi ve bu risklerin maliyetlendirilerek üretim ve dağıtım planlaması modelinin oluşturulmasını içermektedir. İşleme tesisinin sorununa çözüm olacak bir üretim-dağıtım modelinin ortaya konması beklenmektedir. Üretim aşamasında var olan riskler, işletme sorumluları ve  Tehlike Analizleri ve Kritik Kontrol Noktaları *(*HACCP) dokümanlarından elde edilen veriler ile bulanık hiyerarşik yaklaşım kullanılarak değerlendirilmiştir. Modelin oluşturulmasında karışık tam sayılı programlama yönteminden faydalanılmıştır. Model iki farklı senaryo ile sınanmıştır. Hammadde tedariki, pazarlama, dağıtım ve diğer süreçlerde sorunların yaşandığı sektörde işletmeler için üretim ve dağıtım planlaması önem arz etmektedir. Müşteri taleplerinin, eldeki kısıtlı kaynaklar ile gıda güvenliği sağlanmış olarak, tam ve eksiksiz teslim edilmesi gerekmektedir. Bu da, işletme yapısına uygun, bilimsel bir üretim-dağıtım planlaması modeli ile mümkün olacaktır. Modern teknolojik makina ve ekipmanlarla güvenilir gıda üretimini, aynı şekilde bir dağıtımla nihai müşteriye ulaştırmak ve özellikle bozulabilir gıda ürünlerinde soğuk zinciri korumak önemlidir.

Çalışma giriş, literatür taraması, gıda güvenliği risklerinin değerlendirilmesi ve gıda güvenliği risklerini içeren üretim-dağıtım modeli geliştirilmesi ve geliştirilen modelin gıda sektöründe bir işletme verileri ile sınandığı uygulama ile sonuç ve öneriler bölümlerinden oluşmaktadır.

**2. LİTERATÜR TARAMASI**

Gıda tedarik zincirlerinde üretim-dağıtım planlamaya ilişkin çalışmalar incelendiğinde, konunun özellikle gıda kalitesi bakımından değerlendirildiği tespit edilmiştir. Gıda güvenliği ve gıda güvenliği risk değerlendirmesi daha çok gıda ve tarım alanındaki çalışmaların konusu olarak literatürde yerini almıştır. Oysa gıda güvenliği kavramı insan sağlığıyla doğrudan ilişkili önemli bir kavramdır. İnsan için hayati önemi olan gıda güvenliği kavramı bu çalışmada işletmelerin operasyonel süreçleri bakımından ele alınmıştır. Gıda güvenliği tehditlerinin işletmenin planlama süreçlerine etkisi değerlendirilmiştir.

## 2.1. Gıda Güvenliği Risk Değerlendirme

Gıda güvenliği risk değerlendirmenin temel amacı gıda güvenliğini tehdit eden tehlikenin gerçekleşme olasılığını tahmin etmektedir. Bu tahminleme, kalitatif (nitel) ya da kantitatif (nicel) bilgilere dayanarak yapılmaktadır (Davidson vd., 2006). Nicel risk değerlendirme sistematik ve kapsamlı yöntemler ile riskin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Başarılı bir nicel risk analizi için iyi kalitede verilerin olması gerekmektedir. Nitel risk değerlendirme ise kapsamlı bir nicel risk değerlendirmesine olanak sağlayacak verilerin mevcut olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Son yıllarda değişkenlerin kesinliğinin olmaması ve bilgi eksikliğinden dolayı bulanık yaklaşım gıda güvenliği risk değerlendirmesinde kullanılmaktadır (Wang vd., 2012). Bulanık yaklaşım, dilsel değişkenlerle ifade edilen kriterlerin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Gıda güvenliği risk değerlendirme fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik tehlikeler boyutunda ayrı ayrı değerlendirilebileceği gibi üretim süreçleri bazında da değerlendirilmektedir. Davidson vd. (2006), dilsel değişkenler ve yarı-kantitatif mikrobiyolojik tehlike verilerini bulanık yöntemle üretim, işleme ve tüketim süreçleri için analiz etmiştir. Dilsel değişkenler ve yarı-kantitiatif veriler bulanık sayılara dönüştürülerek dört farklı ürün grubu için mikrobiyolojik risk değerlendirmesi yapılmaktadır.

Wang vd. (2012) pişirilmiş hazır et ürünleri üreten bir işletme için bulanık matematiksel yaklaşım ile tedarik aşaması risklerini değerlendirmektedir. Gıda güvenliği risk değerlendirmesinde, HACCP değerlendirme kriterlerinden faydalanarak tehlikelerin meydana gelme olasılığı (olasılık), tehlikenin insan sağlığına olan olumsuz etkisinin şiddeti (şiddet) ile tehlikenin doğurduğu etkinin büyüklüğü (etki) verileri kullanılmaktadır. Bulanık yaklaşım ile şiddet, olasılık ve etki kriterleri her bir tehlike için değerlendirilmiş, tehlikeler bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile ağırlıklandırılarak tedarik aşaması için toplam gıda güvenliği risk göstergesi değeri elde edilmiştir. Üç adet tedarikçinin gıda güvenliği riskleri bu yöntemle değerlendirilerek karşılaştırılmıştır. Tedarikçilerin risk göstergesi değerlerine bakılarak risk-maliyet analizi yapılmış ve optimal parti büyüklüğü belirlenmiştir. Zhao ve Yang (2013), bulanık bir yöntem olan Catastrophe Modeli ve Kararlılık Teorisi temelli bir yaklaşım ile Çin’de bulunan gıda tedarik zincirlerinin tarımsal üretim, gıda işleme ve tüketim aşamalarındaki toplam gıda güvenliği riskini 2002-2012 gıda güvenliği Risk Değerlendirme İndeksi Verileri kullanarak hesaplamaktadır. Risk değerlendirmede kullanılan diğer bir bulanık yöntem Bulut (Cloud) Yöntemidir. Ma, vd. (2013) tarafından süt ve süt ürünleri tedarik zinciri risk değerlendirmesinde kullanılan bu yöntem, geleneksel Bulanık Küme Teorisi ile olasılıklı istatistikleri temel alarak belirsiz ve rastgele düzendeki problemlerin çözümünde kullanılmıştır. Nitel değerin nicel değere objektif ve uygun dönüşümü sağlanmıştır.

**2.2. Gıda Zincirlerinde Üretim ve Dağıtım Planlaması**

Gıda tedarik zincirlerinde esnek müşteri taleplerini rekabetçi maliyet avantajı sağlayarak karşılayacak üretim tüm süreçlerde planlamayı gerektirir. Diğer tedarik zincirlerinden farklı olarak tedarikten nihai tüketiciye ulaşıncaya kadar tüm aşamada gıda güvenliği sağlanmalıdır. Son yıllarda literatürde yer alan gıda tedarik zincirlerinde, üretim, dağıtım ve üretim-dağıtım planlama çalışmaları ya da doğrudan gıda kalitesi ve gıda güvenliği kavramlarına atıfta bulunulmaktadır. Genellikle kısa süreli planlamaları içeren bu çalışmalarda bozulabilir gıda tedarik zincirlerinde, sipariş miktarları müşteri, aracı ya da perakendeciden alınarak ya da önceki sipariş miktarları doğrultusunda tahmin edilerek üretim-teslim tarihleri ve stokları göz önüne alan haftalık planlama yapılmaktadır (Nakhla, 1995).

Doganis ve Sarimveis (2007), tek bir yoğurt üretim bandı için optimal üretim planlama modelini Karışık Tam Sayılı Programlama Yöntemi ile geliştirmiştir. Model; malzeme dengeleri, stok limitleri, makine kapasitesi, çalışanların vardiyası ve işgücü kısıtlamaları gibi değişkenleri göz önüne almaktadır. Wang vd. (2009), parti büyüklüğü ve parti dağılımı politikasını optimize eden bir model geliştirmiştir. Modelin amaç fonksiyonu kuruluş, hammadde, geri çağırma (gıda kalite ve güvenliği güvence maliyeti), stok ve ürünün yaşam ömrü ile ürün dağıtıma çıkma süreleri arasındaki ilişkiye bağlı olarak raf ömrü maliyetinden oluşmaktadır, simülasyon yöntemi ile sonuca ulaşılmıştır. Kopanos vd. (2010), çoklu ürün yoğurt üretim bandında üretim zamanlama ve diğer çalışmalardan farklı olarak parti boyutlandırma probleminin çözümü için, kesikli/sürekli karışık zamanlı Karışık Tam Sayılı Programlama Modeli kurmaktadır. Öncelikli olarak, zaman ve kapasite kısıtlayıcılarını karşılayacak bir model, paketleme problemine odaklanılarak kurulmaktadır.

Wang vd. (2010), çalışmalarında üretim parti büyüklüğü ve parti dağılımını risk faktörleri ile optimize ederken üretim performansını ve izlenebilirliğini artırmayı hedefleyen bir model oluşturmaktadır. İki farklı gıda endüstrisinin verileri ile yaptıkları analizler modeli desteklemektedir. Model Karışık Tam Sayılı Doğrusal Olmayan Programlama kullanılarak, kuruluş maliyeti, üretim maliyeti, geri çağırma maliyeti, elde tutma maliyeti ile raf ömrü maliyeti gibi unsurlardan oluşan toplam maliyet amaç fonksiyonunu minimize etmektedir. Wang vd. (2010) diğer çalışmalardan farklı olarak, gıda güvenliği riskini bulanık yöntemlerle ölçerek, toplam maliyet fonksiyonuna geri çağırma maliyetleri ile dâhil etmektedir.

Zanoni ve Zavanella (2007), tek merkezden tek varış noktasına teslimat sıklığı ve araç sayısına ilişkin Karışık Tam Sayılı Programlama Modeli geliştirmiştir. Farklı ürün çeşitleri (dondurulmuş, soğutulmuş vb.) için gerekli olan dağıtım ve raf ömrü şartlarını yerine getiren stok ve dağıtım maliyet minimizasyonu problemine çözüm üretmiştir.

Ambrosino ve Sciomachen (2007), donduruluş ve taze gıda ürünleri için bölünmüş teslimatlı dağıtım problemi için Araç Rotalama Modeli geliştirmiştir. Müşteri ihtiyaçları ve operasyonel kısıtları karşılayan, araçların toplam sabit maliyetleri ve kat edilen mesafe ile orantılı değişken maliyetleri amaç fonksiyonunu minimize eden Araç Rotalama Modeli, Karışık Tam Sayılı Programlama ile formülasyon akışı yapılarak iki fazlı sezgisel yaklaşım kullanılarak elde edilmiştir. Dağıtım planlaması incelendiğinde, gıda güvenliğine ilişkin ürünlerin yapısına sıcaklık şartlarının ve taze ve dondurulmuş ürünlerin birlikte aynı araçta dağıtımı için uygun şartların sağlandığı belirtilmektedir.

Rong vd. (2011), üretim ve dağıtım karar verme sürecinde, tedarik zinciri boyunca ürün kalitesini özellikle sıcak kontrolü ile entegre ederek geliştirdiği modele dahil etmiştir. Karışık Tam Sayılı Doğrusal Programlama Yöntemi kullanılarak oluşturulan modelde, toplam maliyetler minimize edilmeye çalışılmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak amaç fonksiyonu; üretim maliyeti, dağıtım ekipmanlarının soğutma maliyeti, dağıtım maliyeti, depolama soğutma maliyeti, depolama maliyeti ve kalite gereklerini yerine getirmeyen ürünlerin bertarafı için gerekli olan atık bertaraf maliyetini içermektedir.

Ahumada ve Villalobos (2011), çalışmalarında, büyük bir domates ve biber üreticisi için gelirini maksimize eden Taktiksel Üretim ve Dağıtım Planlama Modelini oluşturmuştur. Fiyat tahmini ve kaynak erişilebilirliği gibi faktörlerin yanı sıra; fiyat dinamikleri, ürünlerin çürümesi, dağıtım ve stok maliyetleri de modelde göz önüne alınmıştır. Çabuk bozulan taze sebzeler için, çürümenin amaç fonksiyonunda kayıp fonksiyonu ve ürünlerin depolanmasının kısıt olarak yer aldığı bir Karışık Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modeli kurulmuştur.

Bilgen ve Çelebi (2013), çoklu ürünlü bir yoğurt üretim bandında, geliştirdikleri Karışık Tam Sayılı Programlama Modelini kullanarak raf ömrü değişkenini de ele alan üretim zamanlama ve dağıtım planlama problemini çözümlemektedir.

Amorim vd. (2012), sabit ve serbest raf ömrü bulunan bozulabilir ürünler için üretim, dağıtım ve bozulma maliyetlerini içeren toplam maliyeti minimize eden ve teslim edilecek ürünlerin raf ömrünü maksimize eden bir model geliştirmiştir. Çok Amaçlı Karışık Tam Sayılı Programlama ve Sezgisel Yöntem kullanılarak model oluşturulmuştur.

**3. GIDA GÜVENLİĞİ RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE GIDA GÜVENLİĞİ RİSKLERİNİ İÇEREN ÜRETİM-DAĞITIM MODELİ GELİŞTİRİLMESİ**

Bu çalışma, gıda güvenliği riskinin değerlendirilmesi ve bu değerlendirmenin üretim-dağıtım planlamasına dâhil edilmesi aşamaları olmak üzere iki aşamalı bir analizi içermektedir. Gıda güvenliği riskinin değerlendirilmesinde Bulanık Matematiksel Yaklaşım ile Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi, üretim-dağıtım planlamasında Karışık Tam Sayılı Doğrusal Programlama Yöntemi kullanılmıştır.

**3.1. Gıda Güvenliği Riskinin Değerlendirilmesi: Hiyerarşik Yapı Modeli**

Zadeh (1965) tarafından geliştirilen bulanık küme teorisi, belirsizlik ve muğlaklığın yaygın olduğu ya da kesinlik ve belirginliğin maliyete yol açtığı durumlar için sıklıkla kullanılmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004). Bulanık küme teorisi, insan muhakemesine benzer ve karar alma süreçlerinde yaklaşık bilgi ve belirsizlikte destekleyici olmaktadır (Wang vd., 2012).

Bulanık hiyerarşik model pratik ve kullanımı kolay bir risk değerlendirme modeli olup, gıda tedarik zinciri boyunca, farklı süreçlerin riskini ölçmede ve karşılaştırmalı değerlendirmesinde etkin analize olanak sağlamaktadır (Chan, Wang, 2013). Bulanık matematiksel modelde risk değerlendirme süreci özel tehlikelerin belirlenerek bulanık matematiksel yaklaşım ile değerlendirilmesi ve tehlikelerin bulanık analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ile ağırlıklandırılması süreçlerini içerir.

Hiyerarşik Yapı Modeli

Toplam Risk Değerlendirmesi

Bulanık AHP Kullanılarak Tehlikelerin Ağırlıklandırılması

Bulanık Matematiksel Yaklaşım Kullanılarak Özel Tehlikelerin Değerlendirilmesi

Şekil 1. Risk Değerlendirme Süreci

***Kaynak:*** *Chan ve Wang, 2013.*

Bulanık teoride üçgensel, yamuk ve Gauss üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Üçgensel bulanık sayı (TFN), kantitatif veri değerlerinin bulanık değerlerinin karakterize edilmesini sağlamaktadır. Üçgensel üyelik fonksiyonları türetilmesi kolay, uygulamalarda sıkça kullanılan fonksiyonlardır.

Bulanık değerlerle elde edilen bulanık kümeden çıkarımlar yapmak gerekmektedir. Bu durumda durulaştırma yöntemleri kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan Durulaştırma Yöntemi, Ağırlık Merkezi Yöntemi olarak da bilinen Sentroid Yöntemi ile şu şekilde ifade edilir:

Birleşimin yeni üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir:

Gıda güvenliği risklerinde risk değerlendirme çok kriterli analizleri de içermektedir. Her bir tehlikenin model içerisindeki ağırlığı aynı olmayıp, bir karar verme süreci gerekmektedir. Çok kriterli karmaşık karar alma süreçlerinde kullanılan etkin yöntemlerden biri Bulanık AHP’dir (Chan ve Wang 2013; Wang vd., 2012).

Bulanık AHP Genişletilmiş Analiz Yöntemine göre hesaplamalarda aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Chang, 1996):

**Adım 1.** Bulanık sentetik genişletmesi değeri hesaplanır.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

değerini elde etmek için, ele alınan ikili karşılaştırma matrisi için m tane genişletme analizinin bulanık toplam işlemi ve tersi uygulanır.

Bulanık sayıların karşılaştırılması için, bulanık sentetik değerlerinin kullanılmasıyla hiyerarşinin her bir seviyesi için tüm elemanların ağırlık vektörleri elde edilmektedir.

**Adım 2.** Elde edilen bulanık değerler karşılaştırılır, bu değerlerden faydalanılarak ağırlıklar elde edilir.

Olasılık derecesi şu şekilde tanımlanır:

Olasılık derecelerinin kıyaslanmasında aşağıdaki eşitliklerden faydalanılmaktadır:

ise

**Adım 3.** Konveks bir bulanık sayının k tane bulanık sayı *, (i=1, 2, 3, …,*k)’dan büyük olabilirliğinin derecesi

biçimindedir.

Bu durumda, *, k=1, 2, …, n; i≠k* için *d´(=minV(), k=1,2, …, n; k≠i* varsayımı yapılabilir.

*W´=( d´() d´(),,.,d´() )T* olarak ifade edilir.

**Adım 4.** *W* değerinin normalizasyonu ile normalize edilmiş ağırlık vektörü

*W=(w(), w(), …, w())T* olarak elde edilir. Bulunan *W* değeri artık bulanık değildir.

Toplam gıda güvenliği risk göstergesi, bulanık teori ile hesaplanan g(s,l,e) fonksiyonları ile ağırlıkların çarpılmasıyla bulunur.

Toplam Gıda Güvenliği Risk Göstergesi=g(s,l,e)\*w()

**3.2. Üretim-Dağıtım Modelinin Geliştirilmesi**

Üretim-dağıtım modeli; talep, birim üretim maliyeti, üretim kapasitesi, birim elde bulundurma maliyeti, dağıtım kapasitesi gibi parametreler ve bunlarla ilişkili çeşitli kısıtlardan oluşmaktadır. Model; üretim maliyeti, stok ve stoksuzluk maliyetleri, dağıtım maliyeti ve risk maliyetlerini de içeren toplam maliyeti minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Modelde kullanılan indisler, karar değişkenleri, parametreler, amaç fonksiyonu ve kısıtların matematiksel gösterimi ve açıklamaları aşağıda sunulmuştur.

***İndisler***

|  |  |
| --- | --- |
| *d* | Günler |
| *i* | Ürünler |
| *t* | Müşteriler ve dağıtım merkezleri |

***Parametreler***

|  |  |
| --- | --- |
|  | *i.* ürünün birim imalat maliyeti (TL/birim) |
|  | *i*. ürünün birim stok maliyeti (TL/birim günlük) |
|  | *i.* ürünün birim elde bulundurmama maliyeti (TL/birim) |
|  | *i*. ürünün işleme tesisinden *t.* müşteri veya dağıtım merkezine sevkiyat maliyeti (TL/birim) |
|  | Toplam gıda güvenliği risk göstergesi değeri |
|  | i ürününe ilişkin başlangıç stok miktarı |
|  | Makinenin günlük kapasitesi |
|  | *t.* müşteri veya dağıtım merkezinin *d.* güne ilişkin *i*. ürün talebi |
|  | Tırın taşıma kapasitesi |
|  | Kamyonun taşıma kapasitesi |
|  | Kamyonetin taşıma kapasitesi |
|  | Bir palette bulunan *i* ürünü miktarı |
|  | *i* ürünü için gereken hammadde /süt miktarı (kg) |
|  | *i*. ürünün stokta kapladığı hacim |
|  | Deponun toplam stok hacmi |

***Karar Değişkenleri***

|  |  |
| --- | --- |
|  | *d*. günde üretilen *i* ürünü miktarı |
|  | *d*. gündeki *i* ürününün stok miktarı |
|  | *d* günü için işleme tesisinden *t*. müşteri veya dağıtım merkezine sevk edilen *i.* ürün miktarı |
|  | *d* günü için işleme tesisinden *t.* müşteri veya dağıtım merkezine gönderilemeyen *i.* ürün miktarı |
|  | Riskle ilgili ikili değişken |
|  | Talebin karşılanmasıyla ilgili sürekli değişken |

Amaç fonksiyonu üretim, stok, elde bulundurmama, dağıtım ve gıda güvenliği risk maliyetlerinin toplamına eşit olan toplam maliyeti minimize edecek şekilde aşağıdaki gibi hesaplanır:

Toplam Maliyet= Üretim Maliyeti + Stok Maliyeti + Elde Bulundurmama Maliyeti + Dağıtım Maliyeti + Gıda Güvenliği Risk Maliyeti

***Kısıtlar***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Makine Kısıtı:   |  |  | | --- | --- | |  | (1) | |  |  |   Birinci kısıt makineye ilişkin günlük kapasite ile ilgilidir. Her bir ürünün üretimi için gerekli olan birim hammaddenin, nihai ürünün üretim miktarı ile çarpımının makinanın kapasitesine eşit ya da az olması gerekmektedir. |
| Talep Kısıtı:  Müşterilerin taleplerinin karşılanması gerekmektedir. Üretim yapıldığı gün ürün dağıtıma çıkmamaktadır. Dolayısıyla ilk gün dağıtım ve elde bulundurmama maliyetleri bulunmamaktadır. Denklem 2’de gösterildiği üzere, (*d*+1). gündeki talep, *d.* gündeki üretim ve *d*+1. gündeki karşılanamayan taleplerin toplamına eşittir. |
| Talep Karşılama Kısıtı:  *d*+1. günde *t.* müşteriye dağıtıma çıkan *i* ürünü miktarı, bu ürüne ilişkin talep miktarının 0-1 arasında sürekli değerler alan bir değişkenle çarpılmasıyla belirlenir. Bu değişkenin aldığı değer talebin hangi oranda karşılanacağını gösterir.  Karşılanamayan talep ise aşağıdaki eşitlikle belirlenir: |
| Elde bulundurmama maliyetlerinin hesaplanmasında, karşılanamayan talep miktarının bulunması önemlidir. Denklem 4’te karşılanamayan talep miktarının, talep ile talebin karşılanmasına ilişkin karar değişkeninin 1’den çıkarılmasıyla bulunan oranın çarpımına eşit olduğu formülize edilmektedir.  Birinci Güne İlişkin Stok Denge Kısıtı:  Birinci güne ilişkin stok miktarı birinci günün üretim miktarı ile başlangıç stokunun toplamına eşittir. |
| Diğer Günlere İlişkin Stok Denge Kısıtı:  İkinci gün ve sonrasındaki stok miktarı ise, bir gün önceki stok miktarı ile aynı gün üretilen *i* üretim miktarı toplamından aynı gün *t.* müşteriye dağıtıma gönderilen *i* ürününün çıkarılmasıyla bulunur. |
| Stok Hacmi Kısıtı:  Bu kısıt, herhangi bir günde depolanabilecek toplam ürün miktarını deponun stoklama hacmi ile sınırlandırmaktadır. |
| Araç Dağıtım Kısıtları:  Dağıtıma ilişkin müşteri talepleri doğrultusunda birden fazla ve farklı taşıt kullanımı söz konusu olduğundan farklı kısıtlar oluşturulmuştur. Bu duruma ilişkin kısıt denklemi Denklem 8, 9 ve 10’da gösterilmektedir.    T=4, t=1,..,4*, d,* |
| Gıda Güvenliği Risk Kısıtı:  Burada , ikili bir değişkendir. oranının 0,5’den büyük olması durumunda 1, aksi durumda 0 değerini alır.  Negatif Olmama Kısıtı: |
|  |

**4. BİR SÜT İŞLEME TESİSİ İÇİN ÜRETİM RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE** **ÖNERİLEN ÜRETİM-DAĞITIM MODELİNİN UYGULANMASI**

İşleme tesisi imalat tesisi Nazilli’de bulunan, İzmir, Aydın, Denizli ve Nazilli pazarlarında önemli yeri olan ve uzun yıllardır faaliyet gösteren bir kuruluştur. Gizlilik kuralları gereğince bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde adı “Yoğurt A.Ş.” olarak geçecek olan işletme yoğurt üretimi ile faaliyetlerine başlamıştır ve yıllar içerisinde artan tecrübesiyle ürün çeşitliliğini artırmıştır. İlgili mevzuat gereğince firmada HACCP standartları uygulanmaktadır.

İşletme, tedarikçilerinden süt, maya, tuz, ambalaj malzemesi ve diğer girdilerini temin etmektedir. İşletmenin bir adet imalat tesisi ve Aydın, Denizli ve İzmir illerinde dağıtım merkezleri bulunmaktadır. Müşterilere ürün dağıtımı Nazilli ilçesinde firmaya ait frigorifik araçlarla, Aydın, Denizli ve İzmir illerinde ise dış kaynak kullanımı yoluyla gerçekleştirilmektedir. İşletme modern tesislerinde, standartlara uygun olarak üretim faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. Dolum, ambalajlama ve yükleme işlemlerinde işgücü kullanılmaktadır. İşletme sipariş üzerine üretim gerçekleştirmektedir. İşletme haftanın beş günü üretim yapmaktadır ve ürünler yaklaşık olarak 24 saatte dağıtıma hazır olmaktadır. Bu sürenin sekiz-on saati imalatta, kalanı ise ürünün son halini alması için gerekli olan soğuk hava depolarında bekletilerek geçmektedir. Alınan siparişlerin erken üretimi elde tutma maliyetleri ve ürün raf ömrünün kısalması gibi nedenlerden ötürü tercih edilmemektedir. Ürünün kaymaklı-kaymaksız çeşitleri ve farklı ambalaj büyüklükleri mevcuttur. Üretim aşaması tamamlandıktan sonra ürünün stoklanması/saklanması özel soğuk hava tesisini gerektirmektedir. Bu da önemli bir stok maliyeti ortaya çıkarmaktadır.

**4.1. Gıda Güvenliği Riskinin Değerlendirilmesi**

Gıda güvenliği riskleri, ilk hammadde tedarikinden sofraya kadar her aşamada yer almaktadır. Ancak, işletme yetkilileri ile yapılan görüşmeler sonucunda dağıtım ile ilgili fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal riskler göz ardı edilmiştir. Çalışmanın odak konusu ve veri toplamadaki zorluklar dikkate alınarak sadece üretim aşamasındaki riskler çalışma kapsamına dâhil edilmiştir.

İşletmedeki gıda güvenliği riskinin değerlendirilmesine yönelik olarak yapılan analizde, üretim esnasında oluşabilecek potansiyel tehlikeler HACCP dokümanlarından ve üretim sorumlusu müdür ve üretim teknikeri ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiş ve bu tehlikeler mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. İnsan sağlığını önemli ölçüde etkileyen beş ana üretim tehlikesi dışındaki riskler bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir.

Şekil 2. Üretim Aşamasında Gerçekleşebilecek Tehlikeler

Bu tehlikeler için işletmenin HACCP kuralları gereği hazırladığı Kritik Kontrol Noktaları Analizleri incelenmiştir. İşletme dilsel değişkenler ile tehlikeleri değerlendirmiştir. Bu değerlendirmeler şiddet, olasılık ve etki olmak üzere üç kriter dikkate alınarak yapılmıştır. Şiddet, tehlikenin gerçekleşmesi sonucunda insan sağlığına olan olumsuz etkisinin kuvvetini; olasılık, tehlikenin görülme olasılığını, etki ise tehlike gerçekleştiğinde maruz bırakacağı ürün miktarını belirtmektedir.

Çizelge 1. Üretim Esnasında Oluşabilecek Tehlike, Şiddet, Olasılık ve Etki

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tehlike Kategorileri** | **Özel Tehlikeler** | **Değişken** | **Şiddet** | **Olasılık** | **Etki** |
| Mikrobiyolojik | Patojenlerin ve bozulma etmeni mikroorganizmaların varlığı |  | Hafif | Düşük | Yüksek |
| Pastörizasyon sıcaklığı ve süresinin yetersizliği |  | Hafif | Düşük | Yüksek |
| Kimyasal | Taşınan/kullanılan araçlarda temizlik kimyasallarının kontaminasyonu |  | Hafif | Düşük | Orta |
| Çiğ sütte bulunan antibiyotik/veteriner ilaç kalıntıları |  | Orta | Düşük | Yüksek |
| Fiziksel | Metal ve yabancı cisim kontaminasyonu |  | Hafif | Düşük | Orta |

HACCP ekibinde görevli gıda teknikeri ile yapılan görüşmeler sonucunda, tehlikelerin olasılık, şiddet ve etkileri 1’den 9’a kadar değerler (Çizelge 2) kullanılarak puanlandırılmıştır. Bu puanlar bulanık teori ile değerlendirilerek *g(s,l,e)* risk göstergeleri elde edilmiştir.

Her bir kriter için *g(s,l,e)* risk gösterge değerlerin MATLAB R2014a paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Risk değerlendirmesine ilişkin bulanık matematiksel model Mamdani metoduna (Mamdani, 1976) dayanmaktadır ve bu kapsamda 27 adet bulanık kural ve sentroid durulaştırma yöntemi kullanılmıştır. Her bir girdi düşük/hafif, orta, yüksek/şiddetli olmak üzere üçe ayrılmıştır.

Çizelge 2. Girdilere İlişkin Bulanık Kümeler ve Aralıkları

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Girdi** | **Bulanık Küme** | **Aralık** |
| Şiddet | Hafif-Orta-Şiddetli | 1-9 |
| Olasılık | Düşük-Orta-Yüksek | 1-9 |
| Etki | Düşük-Orta- Yüksek | 1-9 |

Bu hesaplamalara ilişkin üyelik fonksiyonları üçgensel olup, şiddet, olasılık ve etki değerleri için Şekil 3’te gösterildiği gibidir.

*Yüksek*

***1***

*0,5*

*0*

*1 4*

*5*

*2,5*

*7,5*

*9*

*a*1

*a*4

*a*2

*a*3

*Düşük*

*Orta*

Şekil 3. Şiddet, Olasılık ve Etki Değerlerinin Üçgensel Üyelik Fonksiyonları

Risk değerleri hesaplanan tehlikelerin ağırlıkları ise Chang’ın (1996) Genişletilmiş Analiz Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda öncelikle, bulanık sentetik mertebeler (*i*=1, 2,…, 5) hesaplanmıştır.

= (10, 12, 14)()

= (0,25, 0,37, 0,52)

= (0,15, 0,23, 0,34) ; = (0,10, 0,15, 0,23) ; = (0,11, 0,17, 0,27) ; = (0,07, 0,08, 0,11)

Her bir tehlike için üyelik fonksiyonu değeri, yani *V* değerleri bulanık sentetik mertebeler kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 3’de yer alan sonuca ulaşılmıştır. her bir, *i*=2,…,5 için 1’e eşit bulunmuştur.

V()=

= = 0,39

Çizelge 3. Bulanık Sentetik Mertebeler Kullanılarak Elde Edilen Olabilirlik Dereceleri

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **V()=1** | **V()=0,39** | **V()=0,10** | **V()= 0,090** | **V()= 0,933** |
| **V()= 1** | V()=1 | V()= 0,5 | V()=0,667 | V()= 0,364 |
| **V()= 1** | V()=1 | V()=0,857 | V()=1 | V()=0,125 |
| **V()= 1** | V()=1 | V()= 1 | V()=1 | V()= 0 |

Çizelge 3’de yer alan veriler kullanılarak tehlikelere ilişkin ağırlık değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

d()=minV(≥, , , , )

= min (1, 1, 1, 1, 1) =1

d( )=0,39, d()=0,10, d()=0,09, d()=0

= (1, 0,39, 0,10, 0,09, 0

Hesaplanan ağırlık değerleri normalize edildiğinde aşağıdaki ağırlık değerleri elde edilir.

=(0,63, 0,25, 0,06, 0,06, 0)

Çizelge 4. Bulanık AHP İle Ağırlık Tahminleri

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tehlikeler** |  |  |  |  |  |  |
|  | (1, 1, 1) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | 0,63 |
|  | ( ) | (1, 1, 1) | ( ) | ( ) | ( ) | 0,25 |
|  | ( ) | ( ) | (1, 1, 1) | ( ) | ( ) | 0,06 |
|  | ( ) | ( ) | ( ) | (1, 1, 1) | ( ) | 0,06 |
|  | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | (1, 1, 1) | 0 |

Toplam gıda güvenliği risk göstergesi ise Ağırlıklı Ortalama Yöntemi kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

TGGRG (Toplam Gıda Güvenliği Risk Göstergesi) = *g(s,l,e)* \*

=\*

=0,24+0,06+0,02+0,02+0

=0,34

Yoğurt A.Ş.’nin üretim aşamasındaki toplam gıda güvenliği risk göstergesi 0,34 olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen TGGRG değerleri Min-Max Normalizasyon Yöntemi kullanılarak normalize edilmiştir. Aşağıda gösterildiği gibi TGGRG=0,34 değeri için normalize edilmiş değer 0,31 olarak hesaplanmıştır.

(0,34-0,0827)/(0,917-0,0827)=0,308≈0,31

**4.2. Üretim ve Dağıtım Modelinin Uygulanması**

Üretim dağıtım modeli ile ilgili olarak yapılan varsayımlar ve ele alınan probleme ilişkin bilgiler aşağıda sunulmuştur.

* Üretim, kapalı üretim hattında el değmeden yapılmaktadır. Üretim hattında, hammaddeden stoklanan ürün aşamasına kadar olan her bir süreçteki her bir ürün için süreler hesaplanmış ancak ürünlerin toplam üretim süreleri arasında farkın anlamlı olmadığı saptanmıştır. Bu nedenle, ürünlerin makinelerde geçen süreleri modele alınmamıştır.
* Ele alınan üretim sistemindeki makinelerin kapasiteleri mevcut durumdaki günlük üretim miktarının çok üzerindedir. Ancak, makine kapasitelerinin darboğaz oluşturabileceği düşünülerek bu durum oluşturulan modele dâhil edilmiştir.
* İşletmede fazla mesai ile üretim yapılmamaktadır. Üretim maliyetlerine işgücü maliyetleri de eklenerek modele dâhil edilmiştir. Stoklama ve dağıtımın yapıldığı altıncı günde de işletme tarafından fazla mesai ücreti ödenmemektedir.
* İşletme, üretim tesisi içerisinde bulunan dağıtım merkezinden üç ana dağıtım merkezi olan Aydın, Denizli ve İzmir’e ve dört adet müşterisine dağıtım yapmaktadır. Ana dağıtım merkezlerinden yapılan dağıtım ise dış kaynak kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. İşletmede yöneticiler ile görüşme yapılmış ve ilgili yönetici TGGRG değerinin 0,50’ye kadar kabul edilebilir olduğunu ve bu değerin altında risk durumunda herhangi bir maliyet bedelinin planlamaya dâhil edilmemesini istemiştir. Bu durum modelde dikkate alınmıştır. İşletmenin TGGRG değerinin 0,50’nin üzerinde olması durumunda ise toplam üretim ve stok maliyetleri üzerinden hesaplanacak gıda güvenliği risk maliyeti ile riskten kaynaklanabilecek zararın karşılanmasında ve araştırma geliştirme ile yeni makine-teçhizat alımında kullanılabileceği kararlaştırılmıştır. Risk arttıkça işletme riskten oluşan maliyetlerinin fazla olduğunu kabul ederek, risk oranında maliyetin planlamaya dâhil edilmesini uygun bulmuştur.

|  |
| --- |
|  |

**4.2.1. Modele İlişkin Veriler**

Üretim, bir üretim hattında ve beş gün boyunca yapılmaktadır. Dört müşteri ve üç ana dağıtım merkezinin talebini karşılamak üzere toplamda, 1. üründen 32.000, 2. üründen 8000, 3. üründen 12.000, 4. üründen 2400, 5. üründen 500, 6. üründen 1260, 7. ürün ve 8. üründen 1000’er adet üretim yapılacaktır.

Ürünlere ilişkin birim üretim, stok ve elde bulundurmama maliyetleri Çizelge 5’te sunulmuştur.

Çizelge 5. Ürünlere İlişkin Birim Üretim, Stok ve Elde Bulundurmama Maliyetleri

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ürün**  **Maliyet** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Birim Üretim Maliyeti (TL) | 0,6 | 1,2 | 1,71 | 3,5 | 5 | 21 | 4 | 5 |
| Birim Stok Maliyeti (TL) | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 1,2 | 0,7 | 0,8 |
| Birim Elde Bulundurmama Maliyeti (TL) | 1,8 | 2,6 | 5,1 | 10,5 | 15 | 63 | 12 | 15 |

İşletme genel olarak makine kapasitesinin altında çalışmaktadır. Ancak üretimde darboğaz oluşturabilecek bir süreç için kısıt oluşturulması uygun bulunmuştur. Her bir ürünün üretimi için gerekli olan süt miktarları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 6. Birim Ürün İçin Gereken Hammadde Miktarları

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ürün**  **Hammadde** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Süt (gr/adet) | 285 | 714 | 1071 | 2143 | 3214 | 12.857 | 2143 | 2500 |

Ürünler, üretim işleminin ardından dağıtıma çıkmadan önce yaklaşık on iki saat süre ile depolanmaktadır. Depo alanı sınırlı olduğu için ürünlerin kapladıkları hacim önem kazanmıştır. Çizelge 7’de ürünlerin depolama alanında kapladığı hacime ilişkin veriler bulunmaktadır.

Çizelge 7. Ürünlerin Kapladığı Hacim

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ürün**  **Hacim** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Hacim (adet/) | 0,0007 | 0,001152 | 0,00256 | 0,003072 | 0,004046 | 0,014582 | 0,00361 | 0,00484 |

Dağıtım, Euro palet olarak bilinen 1200 × 800 mm ölçülerinde paletler kullanılarak frigorifik tır, kamyon ve kamyonetler ile gerçekleştirilmektedir. 33, 20 ve 10 palet kapasitesine sahip toplam dört adet kamyon ve kamyonet bulunmaktadır. Çizelge 8'de palet kapasitelerinde bir paletle taşınan ürün adetleri verilmiştir.

Çizelge 8. Palet Kapasiteleri

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ürün**  **Kapasite** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Adet ürün/palet | 288 | 216 | 192 | 120 | 96 | 48 | 96 | 96 |

Oluşturulan modelin uygulanabilirliği iki farklı senaryo kullanılarak sınanmıştır. Başlangıç stokunun bulunmadığı birinci senaryo ile taleplerin % 20 artacağı öngörüsü ve başlangıç stokunun bulunduğu ikinci senaryoya ilişkin toplam maliyet ile süreç maliyetleri ve kapasite kullanımları hesaplanmıştır.

**4.2.2. Birinci Senaryo**

Başlangıç stokunun bulunmadığı durumda toplam maliyet hesaplanmıştır. Amaç fonksiyonu doğrultusunda, maliyetlere ilişkin veriler ve kısıtlar göz önüne alınarak oluşturulan karışık tam sayılı doğrusal programlama modeli LİNGO 15.0 kullanılarak çözülmüştür. Modelde toplamda 96’sı tam sayı olmak üzere 1292 değişken, 2672 kısıt ve 4651 sıfırdan farklı değer bulunmaktadır. Doğrusal olmayan değişken ve kısıtlar bulunmamaktadır. Optimum çözüme 216. iterasyonda ulaşılmıştır. Toplam maliyet140.599,7 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 9. Maliyetler

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Toplam Maliyet (TL)** | | | | |
| **140.599,7** | | | | |
| Üretim Maliyeti (TL) | Stok Maliyeti (TL) | Elde Bulundurmama Maliyeti (TL) | Dağıtım Maliyeti (TL) | Gıda Güvenliği Risk Maliyeti (TL) |
| **95.626** | **20.674** | **117** | **24.182,7** | **0** |

Üretim genel olarak talebi karşılamaktadır. Ancak 5. üretim günü, 2. ürün makine kısıtından ötürü talep miktarı kadar üretilememiş ve Müşteri 2’ye eksik gönderilmiştir. Bu eksik gönderimden ötürü, 117 TL elde bulundurmama maliyeti doğmuştur.

Stoklama hacmi, günlük üretim hacminin üzerindedir. Stoklama biriminin kapasitesinin yaklaşık % 20’si kullanılmaktadır.

Çizelge 10. Günlük Stoklanan Ürün Miktarı

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Stok Hacmi ()** | **1. Gün** | **2. Gün** | **3. Gün** | **4. Gün** | **5. Gün** | **Kapasite (/Gün)** |
| 19,64 | 19,86 | 19,24 | 18,75 | 21,02 | 100 |

Modelin, dağıtımla ilgili araç kısıtları gerçekleştirilmiştir. Çizelge 11’de araçların dağıtım yaptığı toplam palet sayıları verilmiştir. Dağıtılan toplam palet sayıları, kapasitenin altında kalmıştır.

Çizelge 11. Dağıtım Yapılan Toplam Palet

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Araç** | **Dağıtılan Palet (palet/gün)** | | | | | **Kapasite (Palet/Gün)** |
| **2. Gün** | **3. Gün** | **4. Gün** | **5. Gün** | **6. Gün** |
| Tır | 27,4 | 26,9 | 26,4 | 23,7 | 28,2 | 33 |
| Kamyon | 13,1 | 16,3 | 15,3 | 16,1 | 15,2 | 20 |
| Kamyonet | 16 | 14 | 13,6 | 15,01 | 15,6 | 20 |

### 4.2.3. İkinci Senaryo

İşleme tesisi Çizelge 12’de gösterildiği miktarlarda başlangıç stokuna sahiptir. Taleplerde % 20 artışın olacağı öngörülmektedir. Bu durumda optimum çözüme, 248. iterasyonda ulaşılmıştır. Toplam maliyet, 165.425 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 12. Başlangıç Stok Miktarı

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ürün** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Başlangıç Stoku (Adet) | 3250 | 750 | 1200 | 240 | 50 | 125 | 100 | 100 |

Çizelge 13. Maliyetler

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Toplam Maliyet (TL)** | | | | |
| **165.425** | | | | |
| Üretim Maliyeti (TL) | Stok Maliyeti (TL) | Elde Bulundurmama Maliyeti (TL) | Dağıtım Maliyeti (TL) | Gıda Güvenliği Risk Maliyeti (TL) |
| **97.282,64** | **22.228** | **187.59,2** | **271.55,2** | **0** |

Talepler makineden oluşan darboğazdan ötürü karşılanamamaktadır. 2. ürünün elde bulundurmama maliyetinin nispeten düşük olması ve üretim, stok ve dağıtım maliyetlerinin diğer ürünlere oranla yüksek olması nedeniyle, üretiminden ve taleplerin karşılanmasından vazgeçilmiştir. Ürünlerin 5 günlük birim ürün toplam üretim ve taleplerini gösteren çizelge aşağıda verilmiştir.

Çizelge 14. Toplam Üretim, Talep ve Talep Karşılama Oranı

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Başlangıç Stoku (Adet) | 3250 | 750 | 1200 | 240 | 50 | 125 | 100 | 100 |
| Üretim (Adet) | 35.148 | 3590 | 12.204 | 2640 | 550 | 1387 | 1100 | 1100 |
| Talep (Adet) | 38.400 | 9600 | 14.400 | 2880 | 600 | 1512 | 1200 | 1200 |
| Talep Karşılama Oranı | 0,99 | 0,45 | 0,93 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Stoklama hacmi, günlük üretim hacminin üzerindedir. Stoklama merkezinin kapasitesinin % 20’den fazlası kullanılmaktadır.

Çizelge 15. Günlük Stoklanan Ürün

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Stok Hacmi** | **1. Gün** | **2. Gün** | **3. Gün** | **4. Gün** | **5. Gün** | **Kapasite (Birim /Gün)** |
| **Birim** | 23,56 | 21,74 | 21,71 | 22,11 | 20,52 | 100 |

Modelin, dağıtımla ilgili araç kısıtları gerçekleştirilmiştir. Çizelge 16’da araçların dağıtım yaptığı toplam palet sayıları verilmiştir. Dağıtılan toplam palet sayıları, kapasite sınırlarını zorlamaktadır.

Çizelge 16. Dağıtım Yapılan Toplam Palet

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Araç** | **Dağıtılan Palet (Birim Palet/Gün)** | | | | | **Kapasite (Birim Palet/Gün)** |
| **2. Gün** | **3. Gün** | **4. Gün** | **5. Gün** | **6. Gün** |
| Tır | 32,88 | 29,15 | 27,5 | 28,36 | 24,51 | 33 |
| Kamyon | 15,7 | 17,38 | 18,4 | 19,38 | 16,25 | 20 |
| Kamyonet | 19,15 | 13,71 | 14,91 | 16,53 | 16,19 | 20 |

**5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Aydın ilinde faaliyet gösteren bir süt işletmesinin üretim-dağıtım problemine ilişkin bir model geliştirilmiştir. Modelde bulunan gıda güvenliği risk maliyetinin tespiti için gıda güvenliği risk değerlendirmesi, Bulanık Teori ve Bulanık AHP yöntemleri ile hesaplanmıştır. Hesaplanan risk değeri, üretim dağıtım planlama modelinde imalat maliyeti, stok bulundurma maliyeti, elde bulundurmama maliyeti ve dağıtım maliyeti ile birlikte gıda güvenliği risk maliyeti olarak yer almıştır.

Haftalık üretim ve dağıtım planlamaya ilişkin sunulan probleme ilişkin iki senaryo model yardımıyla çözümlenmiştir. Birinci senaryoda, başlangıç stokunun bulunmadığı üretim-dağıtım probleminin çözümünde üretimin talepleri tam anlamıyla karşılamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Makinede oluşan darboğaz nedeniyle, 2. üründen elde bulundurmama maliyeti oluşmuştur. Taleplerin % 20 artacağı ve belirli bir başlangıç stoku ile yapılan diğer çözümde, elde bulundurmama maliyetindeki artış dikkat çekici olmuştur. Birinci senaryoya göre 10 kat fazla elde bulundurmama maliyeti oluşmuştur, genel olarak ikinci ürünün üretiminden vazgeçilmiştir. İşletme ile yapılan görüşmelerde riskin 0,50 oranına kadar kabul edilebilir düzeyde olduğu belirtilmiştir. İki senaryoda da, gıda güvenliği risk oranı 0,50’den küçük olduğu için gıda güvenliği risk maliyeti bulunmamaktadır.

Bu iki senaryo değerlendirildiğinde, işletmenin darboğaza yol açan makineye ilişkin yatırımda bulunmasının geleceğe yönelik yerinde bir atılım olacağı açıktır. Ayrıca, stok hacmi ve taşıma kapasitesi değerlendirildiğinde işletmenin atıl kapasite çalıştığı söylenebilir. Darboğaz yaratan makineye ilişkin yatırım yapıldıktan sonra, işletme pazarlama faaliyetlerini de hızlandırarak, üretim kapasitesini artırabilir.

Bu çalışmayı diğer üretim-dağıtım planlama çalışmalarından farklılaştıran en önemli özelliği, gıda güvenliği risklerini bulanık yöntemlerle değerlendirerek planlamaya amaç fonksiyonunda maliyet kalemi olarak dâhil etmesidir. Diğer bir deyişle risk parasal olarak değerlendirilebilmekte ve bir maliyet olarak ifade edilebilmektedir. Çalışma gıda sektöründe faaliyet gösteren diğer işletmelerde uygulanabilir. Aynı zamanda, gıda tedarik zinciri boyunca tüm süreçlerin gıda güvenliği risk değerlendirme hesaplamaları da yapılabilir. Bu hesaplamaların yapılması, işletmelerin toplam gıda güvenliği risklerini gözden geçirmesi ve bu riskleri azaltıcı ya da ortadan kaldırıcı önlemleri alması bakımından faydalı olacaktır.

**KAYNAKÇA**

* AHUMADA, O. ve VILLALOBOS, J., (2011), **A Tactical Model for Planning the Production and Distribution of Fresh Produce**, [Annals of Operations Research](http://link.springer.com/journal/10479), 190 (1), 339-358.
* AMORIM, P., ANTUNES, C. H. ve ALMADA-LOBO, B., (2011), **Multi-Objective Lot-Sizing and Scheduling Dealing with Perishability Issues**, Industrial and Engineering Chemistry Research, 50 (6), 3371–3381.
* AMBROSINO, D. ve SCIOMACHEN, D., (2007), **A Food Distribution Network Problem: A Case Study**, IMA Journal of Management Mathematics, 18, 33−53.
* ATAMAN, R. P., (2011), **Süt Sektörü Sorunlu,** Dünya Gıda Dergisi, Mayıs, 41.
* BAYKAL, N. ve BEYAN, T., (2004), **Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler**, Bıçakcılar Yayınevi: Ankara.
* BİLGEN, B. ve ÇELEBİ, Y., (2013), **Integrated Production Scheduling and Distribution Planning in Dairy Supply Chain By Hybrid Modelling,** [Annals of Operations Research](http://link.springer.com/journal/10479), 211 (1), 55-82.
* CHAN H. K. ve WANG X., (2013), **Fuzzy Hierarchical Model for Risk Assessment- Principles, Concepts and Practical Applications**, Springer (E-Book).
* CHANG, D. Y., (1996), **Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP**, European Journal of Operational Research, 95 (3), 649–655.
* DAVIDSON, V. J., RYKS, J. ve FAZIL, A., (2006), **Fuzzy Risk Assessment Tool for Microbial Hazards in Food Systems**, Fuzzy Sets and Systems, 157 (9), 1201–1210.
* DOGANIS P. ve SARIMVEIS H., (2007), **Optimal Scheduling in a Yogurt Production Line Based on Mixed Integer Linear Programming**, [Journal of Food Engineering](http://www.sciencedirect.com/science/journal/02608774), 8 (2), 445-453.
* GÜNEŞ, E., (2013), **Süt Sektöründe Pazar ve Pazarlama Yapısı**, Sözlü Bildiri, 2. Ulusal Süt Zirvesi, 20-21 Mayıs 2013, İzmir Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü: İzmir.
* KOPANOS, G. M., PUNGJANER, L. ve GEORGIADIS, M., (2010), **Optimal  
  Production Scheduling and Lot-Sizing in Dairy Plants**, Industrial and Engineering Chemistry Research, 49 (2), 701-718.
* MA, Y., LAI, X. ve HAN, G., (2013), **Risk Assessment of Food Safety in the Dairy Supply Chain**, International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT), 5 (4), 449-457.
* MAMDANI E. H., (1976), **Advances in the Linguistic Synthesis of Fuzzy Controllers**, [International Journal of Man-Machine Studies](http://www.sciencedirect.com/science/journal/00207373),  [8 (6](http://www.sciencedirect.com/science/journal/00207373/8/6)), 669-678.
* NAKHLA, M., (1995), **Production Control in the Food Processing Industry: The Need for Flexibility in Operations Scheduling**, International Journal of Operations & Production Management, 15 (8), 73-88.
* RONG, A., AKKERMAN, R. ve GRUNOW, M., (2011), **An Optimization Approach for Managing Fresh Food Quality Throughout the Supply Chain**, International Journal of Production Economics, 131 (1), 421–429.
* TÜBİTAK, (2004), **Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi**, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu: Ankara.
* TÜİK, (30/03/2015), **Süt ve Süt Ürünleri Üretim İstatistikleri**, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr).
* WANG X., LI D. ve O’BRIEN C., (2009), **Optimisation of Traceability and Operations Planning: An Integrated Model for Perishable Food Production**, International Journal of Production Research, 47 (11), 2865–2886.
* WANG X., LI D. ve SHI X., (2012), **A Fuzzy Model for Aggregative Food Safety Risk Assessment in Food Supply Chains**, Production Planning and Control, 23 (5), 377-395.
* WANG, X., LI, D., O’BRIEN, C. ve LI, Y., (2010), **A Production Planning Model to Reduce Risk and Improve Operations Management**, International Journal of Production Economics, 124 (2), 463–474.
* ZADEH, L. A., (1965), **Fuzzy Sets**, Information Control, 8, 338-353.
* ZHAO, S. ve YANG, X., (2013), **Food Safety Risk Assessment in Whole Food Supply Chain Based on Catastrophe Model**, Advance Journal of Food Science and Technology, 5 (12), 1557-1560.
* ZANONI, S. ve ZAVANELLA, L., (2007), **Single-Vendor Single-Buyer with Integrated Transport-Inventory System: Models and Heuristics in the Case of Perishable Goods**, Computers and Industrial Engineering, 52 (1), 107-123.

1. *Bu çalışma, Adnan Menderes Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından NİİBF-14002 numaralı proje ile desteklenmiş bir doktora tezinden üretilmiştir.* [↑](#footnote-ref-1)
2. ***Gülşah SEZEN AKAR****, Dr., Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İİBF, İşletme Bölümü.* [↑](#footnote-ref-2)
3. ***Hüseyin ŞENKAYAS,*** *Yrd. Doç. Dr., Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli İİBF, İşletme Bölümü.*

   *Makale Gönderim Tarihi: 08.06.2016 Kabul Tarihi: 12.10.2017* [↑](#footnote-ref-3)