



Open Access Journal
e-ISSN: 2619 – 8991

Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 4 - Sayı 4: 168-178 / Ekim 2021

(Volume 4 - Issue 4: 168-178 / October 2021)

GIDA PAKETLEME MAKİNELERİNİN KULLANIM RİSKLERİNİN HRNS METHODU VE FMEA YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Tuğçe ORAL^{1*}, Semra BAYHUN²

¹Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 34452, İstanbul, Türkiye

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı, 34220, İstanbul, Türkiye

Özet: İnsan yaşamının sürdürülebilmesi için temel gereksinimlerden biri olan gıda ihtiyacının herkes tarafından erişilebilir olması ve çıkan ürünlerin tüketici ile güvenli şekilde buluşturulmasını sağlamak için ambalajlanması sektör içerisinde farklı bir üretim hattı oluşturmuştur. Bu çalışma ile örnek bir gıda ürünleri imalatı fabrikasında iş kazalarının gerçekleşme oranlarına göre değerlendirilmiş ve en fazla iş kazasının yaşandığı hattın 'paketleme' olması nedeniyle işin gereği kullanılan makinelerin gerek tasarım, gerek kullanım eksikliklerinin tespit edilerek iyileştirmeye yönelik karşılaştırmalı risk değerlendirme yöntemlerinden faydalanılmıştır. Araştırmada örnek bir gıda ürünleri imalatı fabrikasında 2018 yılında gerçekleşen 128 iş kazası raporları incelenmiştir. Yaşanan iş kazası verileri sektöre ait çalışan güvenliği ve sağlığı tedbirlerinin uygulanmasında bazı aksaklıklar olduğunu somut bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu nedenle paketleme makinelerinin kullanım risklerinin tespit edilmesi ve değerlendirilmesinde araştırma yöntemi olarak HRNS ve FMEA risk değerlendirme metodlarından faydalanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre makinelere yönelik detaylı risk değerlendirmesi yapabilmeyi sağlayan HRNS Metodu ile makine üreticilerine tasarım açısından referans alınabilecek çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Gıda ürünleri imalatı, FMEA risk değerlendirmesi, HRNS metodu, Yatay ve dikey paketleme


Comparison of the Use Risks of Food Packaging Machines with the HRNS Method and FMEA Method


Abstract: The fact that the food need, which is one of the basic requirements for the continuation of human life, is accessible to everyone, and the packaging of the products in order to ensure that the products are brought together with the consumer in a safe manner, has created a different production line in the sector. In this study, a sample food product manufacturing plant was evaluated according to the realization rates of work accidents, and since the line with the highest number of work accidents is 'packaging', the design and usage deficiencies of the machines used as a requirement of the job were determined and comparative risk assessment methods were used for improvement. In the research, 128 occupational accident reports that took place in 2018 in a sample food products manufacturing factory were examined. Occupational accident data concretely reveals that there are some problems in the implementation of the employee safety and health measures of the sector. For this reason, HRNS and FMEA risk assessment methods were used as research methods in determining and evaluating the risks of using packaging machines and the results were compared. With the HRNS Method, which enables detailed risk assessment for machines according to comparison results, machine manufacturers are presented with solutions that can be taken as reference in terms of design.

Keywords: Food products manufacturing, FMEA risk assessment, HRNS method, Horizontal and vertical packaging

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 34452, İstanbul, Türkiye

E mail: tgcmymz@gmail.com (T. ORAL)

Tuğçe ORAL  <https://orcid.org/0000-0003-1795-1550>

Semra BAYHUN  <https://orcid.org/0000-0001-8890-8248>

Gönderi: 07 Haziran 2021

Received: June 07, 2021

Kabul: 24 Haziran 2021

Accepted: June 24, 2021

Yayınlanma: 01 Ekim 2021

Published: October 01, 2021

Cite as: Oral T, Bayhun S. 2021. Comparison of the use risks of food packaging machines with the HRNS method and FMEA method. BSJ Eng Sci, 4(4): 168-178.

1. Giriş

İnsanların temel enerji gereksinimlerini ve yaşamını sağlıklı sürdürebilmesinin temel kaynağı olan 'gıda' insan yaşamının her döneminde en önemli ihtiyaçlarından biri olmuştur. Tarla da başlayan sebze veya meyve üretim sürecinin tüketiciyle buluşması için aracılık yapan gıda imalat firmaları ürünlerin besin değerlerini, tazeliğini ve doğallığını koruması amacıyla teknolojik alt yapılardan faydalanarak hizmet veren gıda sektör bileşenleridir.

Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından yayınlanan en güncel veriler incelendiğinde toplam 1.133.659 sigortalı çalışana istihdam imkânı sağlaması dinamik bir sektör olduğunu göstermektedir (SGK, 2018). Güncel yıla ait

SGK verilerine bakıldığında yiyecek-içecek hizmeti faaliyetleri, içecek imalatı, tütün ürünleri imalatı ve gıda ürünleri imalatında çalışan sigortalılar arasında toplam 45.819 kişinin iş kazası geçirdiği ve toplam 19 kişinin meslek hastalığına yakalanmıştır (SGK, 2018). Bu durum gıda ürünleri imalatında çalışan her 100 kişide 6 kişinin iş kazası geçirmiş olduğunu göstermektedir. Bu durum çalışan güvenliği ve sağlığı tedbirlerinin uygulanmasında bazı aksaklıklar olduğunu somut bir şekilde ortaya koymaktadır.

Çalışmada bir gıda üretim fabrikası örnek alınmıştır. Gıda üretim fabrikasında 2018 yılında gerçekleşen 128 iş kazası verileri değerlendirilerek, iş kazalarının nedenleri



araştırılmıştır. Aynı yıl içerisinde Ocak ve Haziran ayları arasında gerçekleşen iş kazası raporlarında 44 çalışanın bedenlen zarar görmesi, çalışma ortamına yönelik İSG tedbirlerinin uygulanmasında, üretim süreçlerinin kesintisiz işletilmek istenmesi ve yönetsel faktörler nedeniyle somut eksiklikler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle reaktif yöntemle yaklaşarak, sonrasında zincirleme iş kazalarının gerçekleşmemesi hedeflenmektedir. İş kazalarının büyük çoğunluğunun çalışma sahasındaki tehlikeli durum ve tehlikeli hareket bileşkesi olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Araştırmanın yapıldığı gıda üretim fabrikasında; yumuşak şeker üretimi, sakız üretimi ve paketleme olmak üzere üç farklı hat bulunmaktadır. Tüm hatlarda gerçekleşen iş kazası tutanakları incelendiğinde yaşanan en fazla iş kazasının paketleme hattında gerçekleştiği Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. İş Kazalarının yaşandığı makineler.

İş kazaları gerçekleşme oranlarına göre değerlendirildiğinde en fazla iş kazasının yaşandığı hattın 'paketleme' olması nedeniyle işin gereği kullanılan makinelerin gerek tasarım, gerek kullanım eksikliklerinin tespit edilerek iyileştirmeye yönelik karşılaştırmalı risk değerlendirme yöntemlerinden faydalanılmıştır.

1.1. Gıda Paketleme Yöntemleri

Gıda ürünlerinin raf ömrünün uzatılması ve tüketicilere güvenli ulaşımının sağlanmasında gıda ambalajları büyük önem arz etmektedir (Alamri ve ark., 2021). Gıda endüstrisinde ürünlerin ambalajlanmasında; modifiye atmosfer paketleme (MAP), aktif/akıllı paketleme sistemi ve vakum ambalajlama yöntemi olmak üzere 3 farklı yöntem bulunmaktadır (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010).

1.1.1. Modifiye atmosfer paketleme yöntemi (MAP)

Paketlenen gıda ürününü çevreleyen gazlı atmosferin gıdanın korunmasında güvenilir bir seviyede tutan ve stabil bir gaz bariyeri ile ambalaj malzemelerini ve formatları kullanan, ürün daha uzun süre depolanmasını sağlayan paketleme sistemi olarak tanımlanmaktadır (Embleni, 2013; Kartal ve ark., 2010). Özellikle taze sebze ve meyve gibi ürünlerin raf ömrünün uzatılmasında kullanılmaktadır (Erding ve Acar, 1996; Fişekci, 2013; Öz ve Süfer, 2013; Bal, 2016; Karagöz ve Demirdöven, 2017).

1.1.2. Aktif/akıllı paketleme Sistemi

Ambalajlanan gıdaların özellikleri hakkında bilgi veren ambalajlama tekniği akıllı paketleme sistemi olarak tanımlanmaktadır (Dobrucka, 2013). Aktif ambalajlama sistemi ise gıdanın bozulmasını yavaşlatıcı ve raf ömrünü uzatıcı şekilde ortamın ayarlanması olarak

tanımlanmaktadır (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010; Üçüncü, 2011).

1.1.3. Vakum ambalajlama yöntemi

Gıdanın oksijenle temasının azaltılması amacıyla, ambalaj içerisindeki oksijen seviyesinin minimuma indirilerek gıdanın raf ömrünü uzatılmasını sağlayan paketleme yöntemidir (Hecer, 2012). Gıda ürünlerinin ambalajlanmasında sıklıkla tercih edilmektedir (Akkaya ve ark., 2017). Vakum ambalajlama yönteminde yaygın olarak kullanılan paketleme makinelerinin, yatay ve dikey paketleme olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır (Yatay Flowpack Paketleme Makinaları, 2021).

Yatay Paketleme makinesi, işlenmiş hacimli gıdaların seri olarak ambalajlanarak sağlıklı ve güvenli şekilde muhafaza edilmesini sağlamak için kullanılmaktadır. Yatay paketleme makineleri ürünlerin boyutlarına bağlı olarak dakikada ortalama 20- 200 adet arasında ambalajlama kapasitesine sahip olmakla beraber, manuel çalışma prensibine sahiptir (Yatay Flowpack Paketleme Makinaları, 2021).

Dikey Paketleme makinesi, genellikle toz veya parçacıklı yapıda olan pirinç, şeker, un veya diğer bakliyat ürünlerini paketlemek için kullanılmaktadır (Dikey Paketleme Makineleri, 2021). Dikey paketleme makineleri hedeflenen paket ağırlıklarına göre dakikada 5-50 adet ambalajlama kapasitesine sahiptir (Dikey Paketleme Makineleri, 2021).

Bu çalışma ile örnek bir gıda üretim fabrikasında; gıda imalatı ve ambalajlanmasında kullanılan yatay ve dikey paketleme makinelerinde meydana gelen iş kazalarının nedenleri Hazard Rating Number System (HRNS) Metodu ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Metodu ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan karşılaştırma ile makine kullanımında karşılaşılabilecek risklerin tespit edilmesi ve buna yönelik çözüm önerileri sunulmuştur. Ek olarak, sunulan çözüm önerilerinin sürekliliğinin sağlanması için makine emniyeti ile ilgili olarak özelliklerinin geliştirilmesi konusunda durum tespitleri yapılmaya çalışılmıştır. Araştırma da iş sağlığı ve güvenliği açısından önleyici ve sınırlandırıcı tedbirleri belirlemede en sık kullanılan yöntemlerden biri olan FMEA Metodu ile mevcut tehlikeler tespit edilirken, makinelerin tasarım eksiklikleri veya ürün özelliklerinin geliştirilmesinde üretici firmaya ve sektör işverenlerine mühendislik önlemleri almasında rehber olması açısından HRNS Metodu ile çözüm önerileri sunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

6331 sayılı İSG Kanunu 'na göre gerçekleşen iş kazalarının derecesi ne olursa olsun kayıt altına alınma zorunluluğu bulunmaktadır ve işveren çalışanlarının iyilik hallerinin sağlanması, dolaylı olarak da işin sürdürülebilmesi için kaza nedenlerini araştırmak ve gerekli tedbirleri yerine getirmekle yükümlüdür. Bu nedenle çalışmaya konu olan fabrikada paketleme sürecinde altı aylık zaman dilimi içinde gerçekleşen toplam 128 adet iş kazası raporları incelenmiş ve önleyici tedbirler belirlenmiştir.

Reaktif yaklaşımla iş kazalarının gerçekleşmemesi amacıyla iş akışında yapılan incelemelerde kazaların gerçekleşmesine neden olan en önemli tehlikeli durum ve hareket nitel olarak Tablo 1’de tespit edilmiştir. Elde edilen nitel veriler FMEA Metodu ve HRNS Metodu uygulamasına kaynak olmaktadır. Böylece oluşabilecek risklerin sayısal olarak derecelendirilmesi ile alınacak önlemlerin öncelik sıralamasını belirleyici olmaktadır.

2.1. Gıda Ürünleri Paketlemesinde Kullanılan Dikey Paketleme Makinesindeki Tehlikeler

Paketleme Makinesi ait tehlikelerin tespit edilmesi için dört kırınım noktası belirlenmiştir. Bunlar; mekanik tehlikeler, elektriksel tehlikeler, çalışan sağlığına etki eden tehlikeler ve organizasyonel tehlikelerdir. Bu kırınım noktalarına bağlı olarak 9 adet faaliyet alanı ve bu faaliyetlere ait tehlikelerin detayları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Dikey paketleme makinesinde tasarım, kullanım ve bakımdan kaynaklı faaliyetlere ait tehlikeler

Tehlike Grubu	Faaliyet	Faaliyete Ait Tehlike
Mekanik Tehlikeler	Paketleme Makinesinin Tehlikeli Bölgesine El İle Müdahalede Bulunma	Makine operasyon bölgesine paketleme malzemesinin sıkışması nedeni ile makine durdurulmadan çalışanların el ile müdahalede bulunması sonucu oluşan (Elin yüksek ısı ile paketin yapışmasını sağlayan noktaya temas etmesi) tehlikedir.
	Paketleme Makinesine Ait Koruyucuların Manipülasyona Uğraması	Makine üzerinde yapılan bakım ve onarım çalışmaları sonucunda makine koruyucuların sökülüp tekrar takılması sonrası koruyucuların koruma fonksiyonlarının yeterliliğini yitirmesi sonucu oluşan tehlikedir.
	Paketleme Makinesine Yardımcı Ekipmanı Çok Kefeli Terazilere Ürün Yapışması Sonucu El İle Müdahale	Paketlenecek gıda ürünlerinin gramajlarının belirlendiği paketleme makinesinin yardımcı ekipmanları olan çok kefeli terazilere ürün yapışması sonucu bu noktalara el ile müdahale edilmesinden ötürü ürünlerin taşınmasını sağlayan taşıma bantlarına çalışanlarının el ve parmaklarının sıkışması sonucu oluşan tehlikedir.
Elektriksel Tehlikeler	Bobin (>20kg) Değişirme İşleminin Çalışanlar Tarafından Ekipman Desteği Olmadan Gerçekleştirilmesi	Minimum ağırlığı 20 kg olan bobinlerin değişimi esnasında çalışanların bobini düşürmesi sonucu meydana gelen tehlikedir.
	Paketleme Makinesi Elektrik Pano Kapaklarının Açık Olması	Makineye ait elektrik panolarının makine operatörleri tarafından kilitleme yapılmaması sonucu panolara tüm çalışanların müdahale etmesi nedeniyle oluşan tehlikedir.
Çalışan Sağlığına Etki Eden Tehlikeler	Paketleme Makinesinin Gürültülü Çalışması	Çalışma ortamına ait gürültü düzeyinin yüksek olması nedeniyle çalışan sağlığının olumsuz etkilenmesi sonucu oluşan tehlikedir.
	Tekrarlayıcı Çalışmalar Yapılması	Paketleme ürünlerinin kolilenmesi işlerindeki dikkat isteyen tekrarlayıcı işlerin stres etkisini artırması sonucu oluşan tehlikedir.
	Paketleme Makinesi Besleme Elevatörü Noktasında Kasa Kaldırma ve Boşaltma İşlemlerinin Yapılması	Paketleme makinesine ürün beslemesi sırasında çalışanların kaldırma ve boşaltma işlerini yapması sonucu kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarının oluşumuna neden olan tehlikedir.
Organizasyonel Tehlikeler	Makine Operatörlük Eğitimi Bulunmayan Kişilerin Makineye Müdahalesi	Makine operatörlük eğitimi olmayan genel üretim çalışanlarının makinelere müdahale etmeleri sonucu oluşan tehlikedir.

Dikey paketleme makinesinde tespit edilen söz konusu tehlikeler Olası Hata Analizi (FMEA) ve Hazard Rating Number System (HRNS) metodlarında değerlendirilmiş ve elde edilen veriler karşılaştırılarak detaylı bir risk değerlendirmesi yapılmıştır.

2.2. Hazard Rating Number System (HRNS) Metodu

Benzer bir çalışma olarak, çok tehlikeli sınıfta yer alan ‘Geri Dönüşüm Sanayii’ nde uzuv kayıplı kazaların en sık yaşandığı plastik kırma makinelerinde karşılaşılan riskler

FMEA, Ön Tehlike Analizi, HRNS Metodu kullanılarak değerlendirilmiş ve 7 adet başlıca tehlike unsuru tespit edilmiştir. Tehlikelerin ortadan kaldırılması amacıyla üretici firmaya tasarım önerileri sunulmaktadır (Yalman ve Akata, 2019). Kısaca, HRNS Metodu uygulama yaklaşımı ile gerçekleşen iş kazalarının orijinine inilerek detaylı tespitler sağlanmaktadır.

HRNS Metoduna göre Olayın Meydana Gelme Olasılığı, Tehlikeli Bölgede Bulunma Sıklığı, Olası Yaralanma

Şiddeti ve Risk Altında Bulunan Kişi Sayı gibi parametreler etkili olup, bu verilere ait sayısal değerler Risk Derecelendirme Numarasını vermektedir. Risk Skoru (HRN) Şekil 2’de verilen olayın meydana gelme olasılığı (OO), tehlike bölgede bulunma sıklığı (TS), yaralanma şiddeti (YŞ) ve risk altında kalan kişi sayısı (KS) gibi verilere karşılık gelen skorların çarpılmasıyla belirlenmektedir ve risk skorlarının değerine göre riskin önem derecesi saptanmaktadır. Hazard Rating Number System (HRNS) Metoduna göre risklere ait skorların belirlenmesi için kullanılan formül Eşitlik 1’de verilmiştir:

$$HRNS = OO \times TS \times YŞ \times KS \quad (1)$$

(OO) Olayın Meydana Gelme Olasılığı	
0,033	Neredeyse İmkansız
1	Çok Zor Olasılık
1,5	Zor Olasılık
2	Olası
5	Muhtemelen
8	Mümkün
10	Yüksek İhtimalle
15	Kesin

(KS) Risk Altındaki Kişi Sayısı	
1	1-2 kişi
2	3-7 kişi
4	8-15 kişi
8	16-50 kişi
12	50+ kişi

(YŞ) Yaralanmanın Şiddeti	
0,1	Sıyrık ya da ezik
0,5	Yaralanma ya da orta seviye etki
2	Minör kemik kırılması ya da minör rahatsızlık
4	Majör kemik kırılması ya da majör rahatsızlık
6	Bir uzuv kaybı, göz ve işitme kaybı (kalıcı)
10	İki uzuv kaybı ya da gözlerin (kalıcı)
15	Ölüm

(TS) Tehlikeli Bölgede Bulunma Sıklığı	
0,5	Yıllık
1	Aylık
1,5	Haftalık
2,5	Günlük
4	Saatlik
5	Süreklili

Şekil 2. HRNS metoduna göre parametre değerlerinin belirlenmesi (www.machinesafety.co.uk).

Bu çalışmada tehlike tespitini; Makine Risk Değerlendirmesi yöntemi olan HRNS ve Hata Türü ve Etkileri Analizi olan FMEA, risk analizi yöntemleri kullanılarak, her iki metodun etkinliği kıyaslanarak karşılaştırma yapılmıştır. Tespiti yapılan riskler; Tasarım ve güvenlikte ilgili Makine emniyeti Yönetmeliği 2006/42/ AT ve Kullanımla ilgili İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları yönetmeliği, 2006 /42 /EC Direktifi (2009 Aralık), Emniyet standardı TS EN ISO 12100:2010, Elektriksel tedbirlerle ilgili TS EN 13849, kapsamında değerlendirilerek risk analizleri gerçekleştirilmiştir (Özkılıç, 2016).

Makine Risk Değerlendirmesi yöntemi olan HRNS Metoduna göre risklere ait skor değerleri (0-13500) kadar bir aralığa sahip olabilmektedir. Risk sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo 2’ye göre değerlendirilmiştir. Bu tabloda risklere ait skor sonuçlarına göre alınacak aksiyonlar ve sorumluluklara dair paylaşımların nasıl yapılabileceği, numaralandırılmış aralıklar mevcuttur. Makine imalatçılarının 2006/42/EC göre makineye ait her türlü tasarımsal ve donanımsal eksikliklerden (0-100) % risk bazında ve makineye ait emniyet tedbirleri açısından sorumlulukları bulunmaktadır. Kullanıcı

tarafına geçen makine, üretici firma tarafından kullanılmaya başlandıktan sonra ki süreçte kullanım şekli ve bakım kaynaklı nedenlerden ötürü tüm hatalardan artık kullanıcı firma sorumludur.

Tablo 2. HRNS metoduna göre risk skorunun belirlenmesi (www.machinesafety.co.uk)

Key	HRN	Risk	Açıklama
	0-5	Önemsiz	Mevcut durumda sağlık ve güvenliği tehlikeye atacak risk yok, ilave emniyet tedbirlerine ihtiyaç yoktur.
	5-50	Önemli Risk	Mevcut durumda sağlık ve güvenliği tehlikeye atacak çok az risk var, ilave olarak kayda değer bir emniyet tedbirine gerek olmayabilir, personel koruma ekipmanları kullanılabilir ve eğitimler ile risk azaltılabilir.
	50-500	Yüksek Derecede Önemli Risk	Acil olarak emniyet tedbirlerinin alınmasını gerektirecek seviyede potansiyel tehlike vardır. Bu tedbirler acil olarak uygulanmalıdır. İlgili yönetim birimleri haberdar edilmelidir.
	501+	Aşırı Yüksek Risk	Çok acil olarak emniyet tedbirleri alınmalıdır. Yeterli kontrol tedbirleri alınmaya kadar ekipmanlar kullanılmamalı, insan uzak tutulmalıdır ve ilgili yönetim birimleri haberdar edilmelidir

HRNS= hazard rating number system, HRN= risk skoru

Bu çalışmada risk analizi yapılan dikey paketleme makinesinin kullanım aşamasında, üretim süreçlerinin hızlandırılması, makine operatörlerinin deneyim ve bilgileri, ilgili birim yöneticilerinin iş sağlığı ve güvenliği kültür seviyeleri, makine yerleşimleri ve paketleme makinesinde kullanılan paketleme malzemelerinin standardın altında tedarik etmesi gibi nedenlerden ötürü makine kullanımı çalışanlar için ciddi iş kazaları yaşanmasına sebebiyet verebilecek nitelik kazanmaktadır. Makineye ait Tablo 1.’de tespit edilen riskler doğrultusunda, her bir tehlike türüne ait olası sonuçlar değerlendirilerek, her bir olası sonucun etkisi HRNS metoduna göre Tablo 3 ve Tablo 4’de uygulamalı olarak gösterilmiştir. HRN değerleri, Tablo 2’ye göre değerlendirilerek ve risk seviyeleri tayin edilmiştir.

Tablo 3. HRNS metodu uygulama- mekanik tehlikeler

Tehlike Grubu	Faaliyet	Olası Sonuçları	İlk değerlendirme					Risk Seviyesi	Alınacak Aksiyonlar	Önlem Sonrası Değerlendirme					Risk Seviyesi
			OO	TS	KS	YŞ	HRN			OO	TS	KS	YŞ	HRN	
Mekanik Tehlikeler	Paketleme Makinesinin Tehlikeli Bölgesine El İle Müdahalede Bulunma	Yüksek Isı ile Temas/ Yanık	10	2,5	2	10	4000	Kabul edilemez	Paketleme makinesi koruyucu kapaklarına makineyi durdurma özelliği olan sviçler takılmalıdır. El ile müdahalenin engellenmesi için kullanılan paketleme malzemesinin makine standartlarına uygun olarak tercih edilmesi makinede malzeme sıkışmasına sebebiyet vermemesi gerekir.	1	2,5	2	10	400	Yüksek derecede önemli
		Parmaklarda kesik	10	2,5	2	10	4000	Kabul edilemez		1	2,5	2	10	400	Yüksek derecede önemli
		El Bileklerinde Kırık	8	2,5	2	10	3200	Kabul edilemez		1	2,5	2	10	400	Yüksek derecede önemli
		Uzuv kaybı	8	2,5	2	10	3200	Kabul edilemez		1	2,5	2	10	400	Yüksek derecede önemli
	Paketleme Makinesine Ait Koruyucuların Manipülasyona Uğraması	Yüksek Isı ile Temas/ Yanık	15	2,5	8	10	24000	Kabul edilemez	Makine tasarım aşamasında kendinden emniyetli tasarım prensibine göre üretilmelidir, bunun sağlanmadığı durumlarda makine koruyucuları üzerinde kullanıcı insiyatifinde değişikliklere izin vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır.	1	2,5	8	10	1600	Kabul edilemez
		Parmaklarda kesik	15	2,5	8	10	24000	Kabul edilemez		1	2,5	8	10	1600	Kabul edilemez
		El Bileklerinde Kırık	10	2,5	8	10	16000	Kabul edilemez		1	2,5	8	10	1600	Kabul edilemez
		Uzuv kaybı	8	2,5	8	10	12800	Kabul edilemez		1	2,5	8	10	1600	Kabul edilemez
	Paketleme Makinesine Yardımcı Ekipmanı Çok Kefeli TerAzilere Ürün Yapışması Sonucu El İle Müdahale	Tüm çalışanların makinenin tehlikeli bölgesine erişimi	15	2,5	8	10	24000	Kabul edilemez	Ürün yapışması durumunda sistemin devre dışı bırakılarak ürünlerin temizleme işlemleri gerçekleştirilmelidir.	1	2,5	8	10	1600	Kabul edilemez
		Parmaklarda kesik	10	2,5	2	6	2400	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	6	7,92	Az önemli
		El Bileklerinde Kırık	8	2,5	2	4	1280	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	4	5,28	Az önemli
		Konveyör bantlara el/kol sıkışması	8	2,5	2	6	1920	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	6	7,92	Az önemli
	Bobin (>20kg) Değiştirme İşleminin Çalışanlar Tarafından Ekipman Desteği Olmadan Gerçekleştirilmesi	Uzuv kaybı	2	2,5	2	10	800	Kabul edilemez	Fabrika tasarımı yapılırken makine yerleşimleri üretim kapasitesi dikkate alınmalıdır. Çalışanların makineye ait bobinleri takma ve sökme işlemleri esnasında kaldırma araçlarından faydalanabilmeleri için uygun genişlikte referans alanları bırakılması gerekmektedir. Bobinler dairesel cisimler olduğu için tek bir çalışan tarafından kavranması zor olduğundan bu işlemleri iki çalışan yardımlaşarak gerçekleştirmelidir.	0,03	2,5	2	10	13,2	Az önemli
		Bobinin düşmesi	5	2,5	1	4	400	Yüksek derecede önemli		0,03	2,5	1	4	2,64	Önemsiz
		Bobin taşınması sırasında çalışanın düşmesi	5	2,5	1	4	400	Yüksek derecede önemli		1	2,5	1	4	80	Yüksek derecede önemli
		Bobin altında sıkışma (el /ayak)	8	2,5	2	4	1280	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	4	5,28	Az önemli
Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları		5	2,5	1	4	400	Yüksek derecede önemli	1,5		2,5	1	4	120	Yüksek derecede önemli	
Makine keskin köşelerine çarpma sonucu kesik		5	2,5	1	2	200	Yüksek derecede önemli	1,5		2,5	1	2	60	Yüksek derecede önemli	
Uzuvlarda kalıcı hasar		2	2,5	1	6	240	Yüksek derecede önemli	0,03		2,5	1	6	3,96	Önemsiz	

HRNS= hazard rating number system, OO= olayın meydana gelme olasılığı (OO), TS= tehlike bölgede bulunma sıklığı, YŞ= yaralanma şiddeti, KS= risk altında kalan kişi sayısı

HRNS Metodu ile risk değerlendirmesi 4 ana tehlike grubunun her birine tehlike analizinde 10 ayrı faaliyet için belirlenen tehlikeler atanmıştır. Her bir faaliyete ait tehlikeler sonucu görülecek 45 adet risk tespit edilerek bu tehlikelerin maruziyet değerleri, Eşitlik 1’de belirtilen parametrelerden tehlike bölgede bulunma sıklığı (TS, gün

bazında) ve risk altında kalan kişi sayısı (KS) ile günlük çalışması süresinin (8 saat) çarpılması ile hesap edilmiştir (Bilir ve Güranlı, 2015). Her bir faaliyete ait olası sonuçlar tek tek değerlendirildikten sonra risk seviyesi belirlenirken HRN skorlarının ortalamaları alınarak risk seviyesi tespiti yapılmıştır.

Tablo 4. HRNS metodu uygulama-elektrik, çalışan sağlığı ve organizasyonel tehlikeler

Tehlike Grubu	Faaliyet	Olası Sonuçları	İlk değerlendirme					Risk Seviyesi	Aimacak Aksiyonlar	Önem Sonrası Değerlendirme					
			OO	TS	KS	YŞ	HRN			OO	TS	KS	YŞ	HRN	Risk Seviyesi
Elektriksel Tehlikeler	Paketleme Makinesi Elektrik Pano Kapaklarının Açık Olması	Müdahale sonucu yanık	2	2.5	2	10	800	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	10	13,2	Az önemli
		Elektriğe maruz kalma	2	2.5	2	10	800	Kabul edilemez	Makine elektrik panolarında log out- tag out kilitleme etiketleme sistemleri kullanılmalıdır.	0,03	2,5	2	10	13,2	Az önemli
		Yangın çıkması	1.5	2.5	2	15	900	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	15	19,8	Az önemli
		Makinenin zarar görmesi	2	2.5	2	10	800	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	10	13,2	Az önemli
		Uzuv kaybı	2	2.5	2	10	800	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	10	13,2	Az önemli
		Ölümlü vaka	1.5	2.5	2	15	900	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	15	19,8	Az önemli
Çalışan Sağlığına Etki Eden Tehlikeler	Paketleme Makinesinin Gürültülü Çalışması	Geçici işitme kaybı	2	2.5	2	4	320	Yüksek derecede önemli	Makine çevresindeki gürültü düzeyi 85 desibel olarak ölçülmüştür. Çalışanların 8 saatlik çalışma süreleri boyunca kulak koruyucu kullanmaları zorunlu olmalıdır. Bu konuda çalışanlar eğitilmelidir.	0,03	2,5	2	4	5,28	Az önemli
		Kalıcı işitme kaybı	2	2.5	2	6	480	Yüksek derecede önemli		0,03	2,5	2	6	7,92	Az önemli
		Stress	5	2.5	2	0.5	100	Yüksek derecede önemli		0,03	2,5	2	0,5	0,66	Önemsiz
		Dikkat Eksikliği	2	2.5	2	2	160	Yüksek derecede önemli		0,03	2,5	2	2	2,64	Önemsiz
		Yorgunluk hissi	5	2.5	2	1.5	300	Yüksek derecede önemli		0,03	2,5	2	1,5	1,98	Önemsiz
	Tekrarlayıcı Çalışmalar Yapılması	Stress	2	2.5	2	1.5	120	Yüksek derecede önemli	Tekli paketlenen ürünlerin kolleme işlemleri	1	2,5	2	1,5	60	Yüksek derecede önemli
		Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları	5	2.5	2	2	400	Yüksek derecede önemli	tekrarlayıcı faaliyetler içerdiği için bu bölümde çalışan kişiler farklı alanlarda görevlendirilerek tekrarlayıcı işlerin etkisi azaltılmaktadır.	2	2,5	2	2	160	Yüksek derecede önemli
		Dikkat Eksikliği	2	2.5	2	1.5	120	Yüksek derecede önemli		1	2,5	2	1,5	60	Yüksek derecede önemli
		Yorgunluk hissi	5	2.5	2	1.5	300	Yüksek derecede önemli		1	2,5	2	1,5	60	Yüksek derecede önemli
		Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları	8	2.5	2	4	1280	Kabul edilemez	Kasa kaldırma ve boşaltma işlemlerini yapacak çalışanların fiziki özellikleri göz önünde bulundurularak çalışan boyunu aşmayacak şekilde kasaların dizilmesi sağlanmalıdır. Kullanılan kasaların ölçülerine göre 20 kasa istiflenmesi uygun olup bunu aşan Yükseklikte kasalar üst liste dizilmemelidir. Kasaların kilitli/geçmeli özellikte olanları tercih edilmelidir.	2	2,5	2	4	320	Yüksek derecede önemli
Paketleme Makinesi Besleme Elevatörü Noktasında Kasa Kaldırma ve Boşaltma İşlemlerinin Yapılması	Çalışanların üzerine kasa devrilmesi	8	2.5	2	4	1280	Kabul edilemez		2	2,5	2	4	320	Yüksek derecede önemli	
	Yorgunluk hissi	5	2.5	2	1.5	300	Yüksek derecede önemli		2	2,5	2	1,5	120	Yüksek derecede önemli	
	Dikkat Eksikliği	2	2.5	2	2	160	Yüksek derecede önemli		1	2,5	2	2	80	Yüksek derecede önemli	
	Takılma sonucu düşme	8	2.5	2	4	1280	Kabul edilemez		2	2,5	2	4	320	Yüksek derecede önemli	
Organizasyonel Tehlikeler	Makine Operatörlük Eğitimi Bulunmayan Kişilerin Makineye Müdahalesi	Elektriğe maruz kalma	8	2.5	2	15	4800	Kabul edilemez	Makine operatörlüğü görev tanıtımına göre operatör makinenin arızalanması durumunda müdahale edecek kişi olarak görülmektedir. Buna istinaden operatör olacak kişilerin makine bakımından anlayacak teknik bilgiye ve beceriye sahip kişiler arasından seçilmesi sağlanmalıdır.	0,03	2,5	2	15	19,8	Az önemli
		Yüksek ısı ile Parmaklarda kesik	5	2.5	2	6	1200	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	6	7,92	Az önemli
		El Bileklerinde Kırık	5	2.5	2	10	2000	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	10	13,2	Az önemli
		Uzuv kaybı	2	2.5	2	10	800	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	10	13,2	Az önemli
		Ölümlü vaka	1.5	2.5	2	15	900	Kabul edilemez		0,03	2,5	2	15	19,8	Az önemli

HRNS= hazard rating number system, OO= olayın meydana gelme olasılığı (OO), TS= tehlike bölgede bulunma sıklığı, YŞ= yaralanma şiddeti, KS= risk altında kalan kişi sayısı

Paketleme makinesinin tehlikeli bölgesine el ile müdahalede bulunma, faaliyetine ait olası sonuçların HRN skorlarının ortalaması 3600 olarak elde edilmiş olup, kabul edilemez risk seviyesine sahiptir. Paketleme makinesine ait koruyucuların manipülasyona uğraması, faaliyetine ait olası sonuçların HRN skorlarının ortalaması 20160 olarak elde edilmiş olup kabul edilemez risk seviyesine sahiptir. Paketleme makinesine yardımcı ekipmanı çok kefelilerle ürün yapışması sonucu el ile müdahale faaliyetine ait olası sonuçların HRN skorlarının ortalaması 1600 olarak elde edilmiş olup kabul edilemez risk seviyesine sahiptir. Bobin (>20kg) değiştirme işleminin çalışanlar tarafından ekipman desteği olmadan gerçekleştirilmesi faaliyetine ait olası sonuçların HRN skorlarının ortalaması 486,66 olarak elde edilmiş olup yüksek derecede önemli risk seviyesine sahiptir. Paketleme makinesi elektrik pano kapaklarının açık olması faaliyetine ait olası sonuçların HRN skorlarının ortalaması 833,33 olarak elde edilmiş olup kabul edilemez risk seviyesine sahiptir. Paketleme makinesinin gürültülü çalışması faaliyetine ait olası sonuçların hrn skorlarının ortalaması 272 olarak elde edilmiş olup kabul edilemez risk seviyesine sahiptir. Tekrarlayıcı çalışmalar yapılması faaliyetine ait olası sonuçların hrn skorlarının ortalaması 235 olarak elde

edilmiş olup yüksek derecede önemli risk seviyesine sahiptir. Paketleme makinesi besleme elevatörü noktasında kasa kaldırma ve boşaltma işlemlerinin yapılması faaliyetine ait olası sonuçların HRN skorlarının ortalaması 860 olarak elde edilmiş olup kabul edilemez risk seviyesine sahiptir. Makine operatörlük eğitimi bulunmayan kişilerin makineye müdahalesi faaliyetine ait olası sonuçların HRN skorlarının ortalaması 1816,66 olarak elde edilmiş olup kabul edilemez risk seviyesine sahiptir.

2.3. FMEA Risk Değerlendirme Yöntemi

FMEA metodu ile işin yürütümü gereği kullanılan makinelerin detaylı incelenmesiyle işyerindeki mevcut hataların; sistem, tasarım, süreç ve servis aşamalarındaki aksaklıkların tespit edilmesini sağlamaktadır. Kısaca iş akışı, makine ve sistemin bütünleşmiş problemlerini proaktif önlemeye yönelik bir metot olarak tanımlanmaktadır.

FMEA Metodu gıda ürünlerinin ambalajlanmasında kullanılan 'Dikey Paketleme' makinelerinde mekanik, organizasyonel ve çalışan sağlığına direkt etkileri açısından uygulanarak hata türü ve etkileri analizi sunulmaktadır. Mevcut hataların önlenmesiyle ürün ve üretim güvenilirliğinin artmasına ve sürekli iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (VDA, 1996; Bolat,

2000). Yöntemin temel amacı gerçekleşen iş kazası veya meslek hastalığının sebebinin belirlenmesi ve etkisinin minimuma indirilmesidir. Böylece FMEA metodu kötüye giden operasyon maliyetlerini kontrol altına alarak hataların müşteriye ve iş yükü olarak çalışanlara yansımadan önlenmesine yardımcı olmaktadır (Çevik ve Aran, 2009).

FMEA metodu; sistem, tasarım, süreç ve servis konularında hataları proaktif tanımlayarak ortadan kaldırmayı veya optimum şekilde ikame ederek kullanıcıdaki etkilerini minimum düzeye getirmeyi hedefleyen bir mühendislik tekniğidir (Çevik ve Aran, 2009). Bu çalışmada işin yürütümü nedeniyle kullanılması zorunlu olan paketleme makinelerinde tamamlayıcı mühendislik yöntemleri belirlenerek tehlikelerin ve sonuçlarının ortadan kaldırılması hedeflenmektedir (Eryürek ve Tanyaş, 2003).

FMEA metodunun uygulanmasında Şiddet (S), Olasılık (P), Fark Edilebilirlik (D) olmak üzere bu üç parametreye ait skalalar kullanılarak tespit edilen hata türlerinin sayısal karşılığı hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada FMEA Metodu uygulanırken Tablo 1. 'deki nitel veriler kaynak olarak kullanılmıştır. Uygulamada öncelikle tehlikenin yaratacağı şiddetin derecesi Tablo 5'de belirlenerek sayısal karşılığı tespit edilmiştir. FMEA metodunda şiddet 1 'den 10 'a kadar

derecelendirilmektedir ve makinenin çalışma prensibi ile alakalı potansiyel hatalar uyarısız gelen tehlike olarak nitelendirilmektedir. Aynı hatanın mevcut çalışma koşullarında gerçekleşme ihtimalini ise sayısal derecelendirmede Tablo 6'da verilen 1 'den 10 'a kadar karşılık gelen değeri almaktadır. Hatanın gerçekleşme olasılığı %5 'in üzerinde ise 'tekrarlanan hata', %50 'nin üzerinde ise kaçınılmaz hata olarak değerlendirilmektedir. FMEA yönteminde diğer yöntemlerden farklı olarak 'Fark Edilebilirlik' parametresi bulunmaktadır. Bu parametre ile kazaya sebebiyet veren durumun veya kaza nedeninin çalışan tarafından algılanmasını belirlemede kullanılmaktadır. Makinelerin çalışma prensiplerindeki tasarım eksiklikleri genellikle çalışanlar tarafından algılanmamaktadır ve bu durumda hatanın fark edilebilirliğinin derecesi iş güvenliği profesyonellerinin öngörme yeteneğine dayanmaktadır. Tablo 7'de verilen fark edilebilirlik skalasına göre mevcut hatanın sayısal karşılığı belirlenmektedir. Elde edilen sayısal veriler ile Risk Öncelik Sayısı hesaplanmaktadır. Risk Öncelik Sayısı (RÖS) değeri = Şiddet(S) x Olasılık(P) x Fark Edilebilirlik(D) formülü ile bulunmaktadır. RÖS değerinin 250 ve üzeri olması durumunda işin derhal durdurulması gerektiği kanaatine varılmaktadır.

Tablo 5. FMEA-şiddet skalası

Şiddetin değeri	FMEA (S) Şiddetin etkisi	Etki
1	Etki yok	Yok
2	Sistemin Çalışmasında karmaşaya yol açan hata	Çok küçük
3	Sistemin çalışmasını yavaşlatan hata	Küçük
4	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata	Çok düşük
5	Kırık, kalıcı küçük iş göremezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye neden olan hata	Düşük
6	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. neden olan hata	Orta
7	Ekipmanın tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölümcül hastalık vb. etkiye neden olan hata	Yüksek
8	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	Çok yüksek
9	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	Uyarısız gelen tehlike
10	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	Uyarısız gelen tehlike

FMEA= hata türü ve etkileri analizi

Tablo 6. FMEA-olasılık skalası

Olasılığın değeri	FMEA (P) Hatanın gerçekleşme ihtimali	Etki
1	1/1.500.000 'den düşük	Pek az: Olası olmayan hata
2	1/150.000	Düşük: Nispeten az olan hata
3	1/15.000	0,0060%
4	1/2.000	0,05%
5	1/20	5,00%
6	1/80	1,25%
7	1/20	5,00%
8	1//8	12,50%
9	1/3	33,33%
10	1/2 'den fazla	50,00%

FMEA= hata türü ve etkileri analizi

Tablo 7. FMEA-fark edilebilirlik skalası

Farketme değeri	FMEA (D) Fark Edilebilirlik Olasılığı	Fark Edilebilirlik
1	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi hemen hemen kesin	Hemen hemen kesin
2	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi çok yüksek	Çok yüksek
3	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi yüksek	Yüksek
4	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi yüksek ortalama	Yüksek ortalama
5	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi orta	Orta
6	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi çok düşük	Düşük
7	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi düşük	Çok düşük
8	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi uzak	Az
9	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi çok uzak	Çok az
10	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın keşfedilişi mümkün değil	Fark edilmez

FMEA= hata türü ve etkileri analizi

Tablo 8. FMEA-RÖS değeri

FMEA- önlem tedbirleri	RÖS değeri
Yetkililere Durumu Bildir	RÖS < 20
Kontrolleri ve İşbaşı Eğitimlerini Arttır	20 < RÖS < 40
Kontrol Sistemini Gözden Geçir ve Eğitim Ver	40 < RÖS < 100
Öncelikli Olanlardan Başlayarak Önlemleri Planla ve Al	100 < RÖS < 250
İşi Durdur, Hemen Önlem Al Sonra Çalışılmasına Müsaade Et.	250 < RÖS

FMEA= hata türü ve etkileri analizi, RÖS= risk öncelik sayısı

Bu çalışmada Tablo 9'da verilen FMEA metodu uygulama raporuna göre tespit edilen Mekanik Tehlikelerin risk öncelik sayısı 392-729 arasında, Organizasyonel Tehlikelerin risk öncelik sayısı 810, Çalışan Sağlığına Etkiler ise 256 – 810 arasında bulunmuştur. Elde edilen veriler Tablo 8 ile karşılaştırıldığında RÖS değerlerinin >250 olması nedeniyle mevcut durumun gözden geçirilerek işin durdurulması ve asgari koşullar sağlanmadan işe başlanmaması gerektirdiğini göstermektedir.

3. Bulgular

Gıda imalatı fabrikasında iş kazasının en fazla yaşandığı dikey paketleme makinesinde yapılan risk değerlendirme metotlarına göre Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 9'da verilen alınacak önlemler karşılaştırıldığında kullanılan makinelerdeki tasarım veya güvenlik eksikliklerinin FMEA Metodunda sadece sahada yapılacak periyodik denetimlerle kontrol altına alınabileceği sonucu elde edilmektedir. Fakat HRNS metoduna göre alınacak önlemler neticesinde iş güvenliği tedbirlerinin, saha denetimlerinin yeterli olmadığı Tablo 10'da açıkça görülmektedir.

Makinenin ön koruyucu kapakları makine tasarım aşamasında dahil edilmiştir. Fakat bu kapakların alt açıklarının olması nedeni ile çalışanların ellerini bu

açıklıklardan sıkışan paketleri almak için uzattıkları birçok kez tespit edilmiştir. Bu tehlikeli durumun önüne geçebilmek adına makine üretici firmalarının makinenin tehlikeli operasyon noktasına çalışanların erişimini engelleyecek nitelikte koruyucu aksamlar geliştirmeleri gerekmektedir.

Makinenin tehlikeli bölgesine erişim gereksiniminin nedeni araştırılmış ve makinenin standardına uygun olmayan nitelikte paketleme malzemesi kullanımı olduğu tespit edilmiştir. Makine üreticilerinin, paketleme amaçlı kullanılacak malzemenin niteliği konusunda makine kullanıcılarına bir standart getirmesi gerekliliği söz konusudur.

Elde edilen sonuçlara göre işyerlerinde risk değerlendirme yöntemlerinin tekdüze olmaması gerektiği, etkin bir iş güvenliği ve çalışan sağlığının sağlanması için karşılaştırmalı metotların mevcut durumla ilgili detaylı analiz yapabilmeyi sağladığı görülmektedir. HRNS Metodunun kullanılan makine ve ekipmanlarla ilgili analizler sonucu işveren tarafından yerine getirilebilecek tedbirlerle bile hala %20-Kabul Edilemez , %40 Yüksek Derecede Önemli Risklerin olduğu ve iş kazalarının devamının geleceğinin habercisi olmaktadır.

Tablo 9. FMEA Metodu Uygulama- Mekanik, Elektrik, Çalışan Sağlığı ve Organizasyonel Tehlikeler

Olası Hata Türleri Ve Etkileri Analizi						Mevcut Hata: Paketleme Makinesinin Tehlikeli Bölgesine El İle Müdahalede Bulunma					
Faaliyet Alanı: Operasyon / Mekanik Tehlikeler											
HT	Ş	P	FE	RÖS	D	Aö	Ş	P	FE	RÖS	D
Operasyon bölgesine malzeme sıkışması, makinenin durmaması Paketleme kısmına el ile müdahale sonucu, ciddi derece yanık oluşması Makine üzerindeki koruyucu donanımların zamanla işlevini yitirmesi Paketleme makinesine yardımcı ekipmanı çok kefeli terazilere ürün yapışması sonucu el ile müdahale Bobin (>20kg) değiştirme işleminin çalışanlar tarafından ekipman desteği olmadan gerçekleştirilmesi Paketleme makinesi elektrik pano kapaklarının açık olması	9	9	9	729	İş Durdur, Acil Önlem Al	Malzeme sıkışması durumunda otomatik durdurma sisteminin devreye girmesinin sağlanması	9	3	3	81	Kontrol Et
	9	9	8	648		Makinenin ısınan parçaları soğuduktan sonra müdahaleye izin vermesi	9	2	3	54	
	10	8	8	640		Bakım ve onarımlarının üretici firma tarafından yapılması veya tasarım aşamasında koruyucu donanımların makine üzerine sabitlenmesi	10	2	2	40	
	9	8	8	576		Ürünlerin yapışması durumunda sistemi tamamen devre dışında bırakılarak müdahale edilmesi	9	3	3	81	
	6	8	8	384		Çalışanların bobin değişiminde taşıma ve kaldırma ekipmanlarından destek alması veya makineye gerekli bobinlerin ağırlıklarının azaltılması	6	3	3	54	
7	8	7	392	Makineye ait elektrik panoları kilitli tutulmalı ve yetkisiz kişilerin erişimi engellenmelidir.	7	2	2	28			
Makine operatörlük eğitimi bulunmayan kişilerin makineye müdahalesi	10	9	9	810	İş Durdur	Çalışanlara mesleki yeterlilik eğitimleri verilmesi ve acil durumlar hakkında bilgi sahibi olmalarının sağlanması	10	2	2	40	Kontrol Et
Paketleme makinesinin gürültülü çalışması	10	9	9	810	İş Durdur	Makinenin üretici tarafından daha az gürültüyle çalışması sağlanması veya çalışanlara kulak koruyucular temin edilmesi	10	2	2	40	Kontrol Et
Makineye ürün beslemesinin çalışanlar tarafından yapılması, yükleme-boşaltma	10	9	9	810		Ürün beslemesi için kaldırma ve taşıma ekipmanlarından faydalanılması	10	3	3	90	
Monoton iş yükü	4	8	8	256		Makineden çıkan ürünlerin aktarılması için destek aktarma sistemi kurulması	4	2	2	16	

FMEA= olası hata türleri ve etkileri analizi, HT= Hatanın türü, Ş= şiddet, P= olasılık, FE=: fark edilebilirlik, RÖS= risk öncelik sayısı, D= durum

Tablo 10. FMEA metodu ve HRNS metodu uygulama sonuçları karşılaştırılması

Risk Değerlendirme Metodu	HRNS			FMEA		
	Kabul Edilemez Risk	Yüksek Derecede Önemli Risk	Önemli Risk	100<RÖS<250 Önlem al	20<RÖS<40 Kontrol Et	
Tespit Edilen Durum						
Tehlikeler/ Hatanın Türü	Operasyon bölgesine malzeme sıkışması, makinenin durmaması	-	1	-	1	
	Paketleme kısmına el ile müdahale sonucu, ciddi derece yanık oluşması	1	-	-	1	
	Makine üzerindeki koruyucu donanımların zamanla işlevini yitirmesi	1	-	-	1	
	Paketleme makinesine yardımcı ekipmanı çok kefeli terazilere ürün yapışması sonucu el ile müdahale	-	-	1	-	1
	Bobin (>20kg) değiştirme işleminin çalışanlar tarafından ekipman desteği olmadan gerçekleştirilmesi	-	1	-	-	1
	Paketleme makinesi elektrik pano kapaklarının açık olması	-	-	1	-	1
	Makine operatörlük eğitimi bulunmayan kişilerin makineye müdahalesi	-	-	1	-	1
	Paketleme makinesinin gürültülü çalışması	-	-	1	-	1
	Makineye ürün beslemesinin çalışanlar tarafından yapılması, yükleme-boşaltma	-	1	-	-	1
	Monoton iş yükü	-	1	-	-	1
	Toplam Eylem Puanı	2	4	4	-	10
% Değeri	%20	%40	%40	-	%100	

FMEA= hata türü ve etkileri analizi, HRNS= hazard rating number system

4. Tartışma

Gıda üretim fabrikasında yapılan araştırma da, gerçekleşen iş kazalarını önlemede sadece işyeri ortamında alınacak güvenlik tedbirleri ile sınırlandırılmaması gerektiği vurgulanmıştır. İSG uygulamalarının etkinliğinin sağlanmasında, işin yürütümünde kullanılacak makine-teçhizat üreticilerinin de sürece dahil edilmesi gerektiği saptanmıştır. Olum ve ark. (2015) tarafından yapılan bir araştırma da makine emniyet yönetmeliğine göre 85 adet makine uygunluk raporu incelenmiş ve bir risk tablosu oluşturulmuştur. Bu tabloda en fazla yaşanan iş kazalarının makine ve parçalarının dengesinin kaybolması sonucu oluşan riskler ile insan hataları olduğu tespit edilmiştir.

FMEA ve HRNS risk değerlendirme metoduna göre gıda paketlenme makineleri ile ilgili asgari önlem koşulları sağlansa da risklerin hala önemli boyutta olduğu saptanmıştır. Özellikle Şekil 3'de verilen grafiğe bakıldığında her iki yönteme göre yapılan karşılaştırma da çalışma alanında kullanılan makinelere yönelik detaylı bir risk değerlendirme yöntemi olan HRNS metodunun etkinliği görülmektedir. FMEA metoduna göre alınan önlemler neticesinde risk skorları 'kontrol et' aşamasında çıkarken, HRNS metodunda risklerin skorları 'yüksek derecede' çıkmaktadır. Bu durum aslında çalışma alanlarında kullanılan makinelere yönelik etkin iş güvenliği sağlanmasında, HRNS gibi detaylı risk değerlendirme metodlarına başvurulması gerektiğini somut olarak göstermektedir.



Şekil 3. FMEA ve HRNS metodu alınan önlemler neticesinde elde edilen risk öncelik skorları.

Gıda sektöründe Parlak ve ark. (2020) tarafından "Gıda Ürünleri İmalatında Çalışanların İSG Farkındalık Düzeylerinin Belirlenmesi" ile ilgili yapılan çalışmada; çalışanların eğitim sürekliliğinin sağlanması ve denetimlerin artırılmasıyla iş kazalarının minimize edileceği vurgulanmıştır. Fakat FMEA ve HRNS metodu ile yapılan karşılaştırma gösteriyor ki; makineye bağlı yaşanan kazalarının tamamen engellenmesi için, makine üreticilerinin tasarım sürecine etkin bir İSG entegre etmesi gerektirir. Bu durum, Çakır (2018) tarafından yapılan "Makine Bazlı Risk Değerlendirmesi" başlıklı çalışmada; üreticilerin makine ve insan uyumunu sağlayacak şekilde yaptıkları tasarımlarda, iş kazalarının azalmasına katkı sağlayacağı tespit edilmiştir.

Türkiye genelinde gıda sektörünün dinamik oluşu ve istihdam imkanı payının yüksekliği, üretimin devamlılığının gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Bu nedenle sektörde yaşanabilecek iş kazalarının gerçekleşmesini engellemek, dolaylı olarak sektördeki istihdamın sürekliliğini ve işverenin pazardaki yerine katkı sağlayacaktır (Oral ve Ünal, 2020). Kim ve Park (2021) tarafından Kore 'de imalat sanayilerinde yaşanan iş kazalarının performans üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda meydana gelen iş kazalarının sadece çalışanlara ciddi fiziksel ve/veya zihinsel zarar vermekle kalmadığı, kazaya uğrayanlara ödenen tazminat maliyetleri dışında doğrudan üretim sisteminin durmasına ve kurumsal imajın düşmesine de neden olduğu tespit edilmiştir. Kısaca, İSG kültürünü yürütülen işin tüm evrelerine entegre edilmesi dolaylı olarak üretim devamlılığının sağlanmasına ve çalışma veriminin artmasına neden olacaktır (Dursun, 2013; Hasanhanoglu, 2020).

5. Sonuç ve Öneriler

Bu araştırma makalesi ile ileride yapılacak çalışmalara öncülük etmesi açısından aşağıda sıralanan önerilerde bulunmaktadır:

1. Mevcut araştırmanın en önemli kısıtlılığı, tek bir fabrikaya ait gıda paketlenme makinelerinde oluşan iş kazası istatistiklerinin kullanılmasıdır. Sonraki araştırmalarda Türkiye genelinde faaliyet gösteren farklı işletmelerden seçilecek daha büyük örneklemeler ile araştırmanın tekrarlanması önerilmektedir.
2. Araştırma sonuçlarına göre elde edilen bilgilerin makine üreticilerine rehberlik etmesiyle, gıda paketlenme makinelerinin tasarımında iş güvenliği uygulamalarını destekleyecek periyodik kontrol, bakımı, onarım veya kullanımı için koruyucu ekipmanlar geliştirilmesi önerilmektedir.
3. Bundan sonraki araştırmalarda gıda paketlenme makinelerinde gerçekleşen meslek hastalıkları karşılaştırmalarının yapılmasıyla daha detaylı bir İSG analiz çalışması yapılarak iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili daha geniş kapsamlı çıkarımlar yapılması önerilmektedir.
4. Araştırmada makinelerle ilgili risk tespitleri FMEA ve HRNS metodu ile değerlendirilmiştir. Sonraki araştırmalarda farklı yöntemlerin kullanılması önerilmektedir.

Katkı Oranı Beyanı

Tüm yazarlar eşit oranda katkıya sahiptir. Tüm yazarlar makaleyi inceledi ve onayladı.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- Akkaya E, Bingöl EB, Çetin Ö. 2017. Paketleme yöntemleri (modifiye atmosfer paketleme, kontrollü atmosfer paketleme, vakum paketleme). *Türkiye Klin Gıda Bil Derg*, 3(2): 164-168.
- Bağdatlı BA, Kayaardı S. 2010. Et ve Et ürünlerinde kullanılan paketleme yöntemleri, *Akad Gıda*, 8(2): 24-30.
- Bal E. 2016. Modifiye atmosfer paketleme ile potasyum permanganat uygulamalarının J.H.Hale şeftali çeşidinin muhafazası üzerine etkileri. *J Inst Sci Tech*, 6 (1): 9-15.
- Cakır A. 2018. Makine bazlı risk değerlendirmesi. *Sürd Müh Uyg Teknol Gelişmeler Derg*, 1(1): 1-10.
- Çelik İ, Tümer G. 2016. Gıda ambalajlamada son gelişmeler. *Akad Gıda*, 14(2): 180-188.
- Çevik O, Aran G. 2009. Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (Fmea)* ve piston üretiminde bir uygulama. *Sosyal Ekon Araş Derg*, 8(16): 241-265.
- Dikey Paketleme Makineleri. 2021. URL: https://hipermak.com.tr/dikey-paketleme-makineleri3/?gclid=EAAlaQobChM1zt7Xgd758AIVmrd3Ch3b0Q6aEAAAYASAAEgIDGfD_BwE. (erişim tarihi: 27 Nisan 2021).
- Dilber U, Dilber Ö, Karakaya P. 2012. Gıdalarda ambalajın önemi ve tüketicilerin satın alma davranışlarına etkisi (Karaman ili örneği). *Gümüşhane Üniv İlet Fak E-Derg*, 1(3): 159-190.
- Dobruca R. 2013. Application of Active packaging Systems in probiotic foods. *Scientific J Logistics*, 9(3): 167-175.
- Dursun Y. 2013. İş güvenliği kültürünün çalışanların güvenli davranışları üzerine etkisi. *SGD-Sosyal Güv Derg*, 3(2): 61-75.
- Embleni A. 2013. Trends in packaging of food, beverages and other fast-moving consumer goods (FMCG), *Woodhead Publishing Series in Food Sci, Technol and Nutri*, 2013: 22-34. DOI: 10.1533/9780857098979.22.
- Erding B, Acar J. 1996. Gıda muhafazasında modifiye atmosfer paketleme (MAP). *Gıda*, 21(1): 17-21.
- Eryürek ÖF, Tanyaş M. 2003. Hata türü etkileri analizi yönteminde maliyet odaklı yeni bir karar verme yaklaşımı. *İTÜ Müh Derg*, 2(6): 31-40.
- Fişekci B. 2013. Lor peynirinin raf ömrü üzerine modifiye atmosfer paketlemenin ve CO₂ uygulamasının etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye, 117 s.
- Hasanhanoglu C. 2020. Güvenli işyeri yaratılmasında insan kaynakları yönetiminin önemi ve işletme verimliliği açısından iş sağlığı ve güvenliği faaliyetlerine ekonomik katkısı. *Uluslararası Ekon ve Siyaset Bil Akad Araş Derg*, 3(9): 2-17.
- Hecer C. 2012. Et teknolojisinde ambalajlama yöntemleri. *Uludağ Üniv Vet Fak Derg*, 31(1): 57-62.
- Huang GQ. 2000. Failure mode and effect analysis (FMEA). *Int J Advanced Manufac Technol*, 16(8): 603-608.
- Kahraman Ö, Demirer A. 2019. OHSAS 18001 Kapsamında FMEA Uygulaması. *Makine Teknoli E-Derg*, 7(1): 53-68.
- Karagöz Ş, Demirdöven A. 2017. Gıda ambalajlamada güncel uygulamalar: Modifiye Atmosfer, aktif, akıllı ve nanoteknolojik ambalajlama uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bil Araş Derg*, 6(1): 9-21.
- Kartal S, Aday M, Caner C. 2010. Meyve ve sebzelerde denge modifiye atmosfer ambalajlamaya etki eden faktörler. *Akad Gıda*, 8(6): 29-34.
- Kim KD, Park S. 2021. An analysis of the effects of occupational accidents on corporate management performance. *Safety Sci*, 138: 105228. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105228.
- Özkılıç Ö. 2005. İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi ve risk değerlendirme metodolojileri. *Tisk Yayınları*, İstanbul, Türkiye, 1. Basım, pp. 136.
- Olum S, Velioglu H, Kantaş M, Ergül İ, Aröz M, Taşbaş H. 2015. 2006/42/AT makine emniyet yönetmeliğine göre yapılan uygunluk değerlendirmelerinde en çok karşılaşılan uygunsuzluklar. *Tarım Mak Bil Derg*, 11(1): 9-16.
- Öz A, Süfer Ö. 2013. Taze meyve ve sebzelerin muhafazasında modifiye atmosfer paketlemenin doğal bileşimlerle birlikte kullanımı. *Akad Gıda*, 11(2): 110-115.
- Özkılıç Ö. 2016. makine risk değerlendirmesi. *Önder Akademi*, İstanbul, Turkey, 1. Basım, pp. 20-24.
- Parlak T, Barışık T, Yalçın F. 2020. gıda ürünleri imalatında çalışan personellerin iş sağlığı ve güvenliği hakkındaki farkındalık durumlarının tespiti üzerine bir araştırma. *OHS Acad*, 3(1): 13-27. DOI: 10.38213/ohsacademy.691458.
- SGK. 2018. T.C Sosyal Güvenlik Kurumu İstatistik Yılları, URL: http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari (erişim tarihi: 15 Mart 2020).
- Üçüncü M. 2011. gıda ambalajlanma teknolojisi. *Ambalaj Sanayiciler Derneği*. İstanbul, Turkey.
- VDA. 1996. Quality management in the automotive industry. *Quality Assurance Before Series Prod*, 4(2): 5.
- Yatay Flowpack Paketleme Makinaları. 2021. URL: <https://girisimmak.com/yatay-flowpack-paketleme-makinalar%C4%B1/>. (erişim tarihi: 27 Nisan 2021).
- Oral Y, Ünal TA. 2020. 2016-2018 yılları arasında seyahat sektörüne ait iş kazası verilerinin değerlendirilmesi. *OHS Acad*, 3(2): 61-72. DOI: 10.38213/ohsacademy.724873.