



Kanola Bitkisinin Parçalanmaya Yönelik Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Mehmet Fırat BARAN¹, İbrahim Savaş DALMIŞ², Birol KAYIŞOĞLU³

¹Adıyaman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Adıyaman

²Namık Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çorlu, Tekirdağ

³Namık Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, mbaran@adiyaman.edu.tr

(Gönderilme tarihi: 21 Temmuz 2015, kabul tarihi 2 Ekim 2015)

Özet

Kanola tarımında sapların tarladan uzaklaştırılması veya parçalanması hasat esnasında karşılaşılan önemli problemlerden biridir. Bu çalışmada kanola bitkisinin hasadına yönelik kesme ve eğilme dayanımı belirlenmiştir. Bu amaçla laboratuvar koşullarında özel bir düzenek hazırlanmış ve test edilmiştir. Kesme düzeneğinde orijinal kanola aparat bıçağı kullanılmıştır. Kanola saplarının eğilme kuvvetleri, kanola sapı için özel olarak tasarlanmış iki noktadan eğme testi ile belirlenmiştir. Kanola saplarının birinci kesme bölgesi yüksekliği 0-25 cm, ikinci kesme noktası 25-50 cm olarak belirlenmiştir. Birinci kesme bölgesinde ortalama sap çapı 8.2 mm ve nem içeriği %55.97 olarak ölçülmüştür. Birinci kesme bölgesinde ölçülen ortalama kesme dayanımı 108.08 N olduğu saptanmıştır. İkinci kesme bölgesinde ortalama sap çapı 8.1 mm ve nem içeriği %54.25 olarak ölçülmüştür. İkinci kesme bölgesinde ölçülen ortalama kesme dayanımı 104.18 N olarak saptanmıştır. Kanola sapının farklı bölümleri arasında yapılan ölçümler sonucunda maksimum eğilme kuvveti birinci bölge için 148.80 N, ikinci bölge için 159.12 N ölçülmüştür. Denemelerde minimum eğilme dayanımı ise 0-25 cm 'de 87.48 N, 25-50 cm 96.97 N olarak belirlenmiştir

Anahtar kelimeler: Kanola, kesme, sap parçalama, eğilme, mekanik özellikler

Determining of Some Mechanical Properties of Canola Stalk with Related to Chopping

Abstract

The chopping and removal of canola stalk during harvest is one of the problems encountered during canola planting. In this work, cutting and bending strength of canola plant had been evaluated in terms of harvesting. For this purpose, special laboratory condition a setup was prepared to tested using . Original canola harvest blade was used in cutting setup. The bending strength of the canola stalk was determined by a two point bending test especially designed for bending of canola stalk. The first cutting point was determined as 0-25 cm, and the second cutting point were determined as 25-50 cm on canola stalks. The overall stalk diameter and moisture of the first cutting point was determined as 8.2 mm and 55.97% respectively. The overall cutting strength of the first cutting point was determined as 108.08 N. The overall stalk diameter and moisture of the second cutting point was determined as 8.1 mm and 54.25%. The overall cutting strength of the second cutting point was determined as 104.18 N. The calculations that were performed on the different regions of canola stalk showed that; the maximum bending strength was determined in the first region as 148.80 N, in second region as 159,12 N. Minimum bending strength was evaluated as 87.48 N at 0-25 cm, and 96.97 N at 25-50 cm.

Keywords: Canola, cutting, stalkchopping, bending, mechanical properties

1. GİRİŞ

Kanola bitkisinin sapı dik olarak büyür, kuvvetli, selüloz oranı yüksek sert ve odunsu bir yapısı vardır. Bitki sapının kalınlığı dekara ekilen tohum miktarı diğer bir deyişle bitki sıklığına göre değişmektedir. Kanola sapları yuvarlak, kalınlığı 0.5 ile 4 cm arasında değişmektedir (Süzer 2008).

Kanola ülkemizin bitkisel yağ açığını kapatması, organik maddece toprağın yapısını düzeltmesi, küspesinde %38-40 arası protein bulunması, arı ve arıcılara erken ilkbaharda bol nektar

sağlaması bakımından dünyada da çok fazla ekilen bir yağ bitkisidir (Anonim 2015a).

Ülkemizde yaklaşık 2 741 000 ton yağlık tohum üretiminin 112 000 ton'u kanola tohumundan elde edilmektedir (Anonim 2015 b).

Tarımsal ürünlerin fiziksel özellikleri, her ürün çeşidinin tek bir ünitesi veya dökme olarak yığın şekli esas alınarak incelenebilmektedir. Burada önemli olan husus, ürünün şekli, büyüklüğü, hacim yoğunluğu, yüzey alanı gibi mühendislik

parametrelerinin doğru olarak belirlenmesi ve ortaya konulmasıdır (Turgut ve Kara, 1999).

Özellikle bitkisel materyalin hasadı sırasında bitki ve makine arasındaki ilişki hasadın niteliği ve niceliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle bitkinin hasada yönelik yapısal özelliklerinin bilinmesi, hasatta kullanılan makinelerin tasarlanması, geliştirilmesi ve verimli bir şekilde kullanılması açısından önemlidir. Hasat işlemleri sırasında hasatta kullanılan makinaların bitkiye yapmış olduğu etkilerden en çok rastlanılanı (hasat işlemine bağlı olarak) kesme, eğme, çekme, sıkıştırma ve çarpma etkileridir (Kocabıyık, 1997).

Tarlada bitki sapları kesilerek hasat edilmektedir. Genel olarak biçmede, bıçak kesme, makaslama kesme, kombine kesme ve çarparak kesme yöntemi uygulanır. Hasat edilecek bitkilerin biçilmesinde genellikle kombine kesme yöntemi uygulanır. Burada, bitki sapının kesilmesinde hem makaslama kesme hem de bıçak kesme yöntemleri birlikte etki eder. Kombine kesme, her zaman bitki sapında biraz eğilme ve sıkışma deformasyonu ile beraber olur (Ülger ve ark. 1996). Hasattan sonra veya hasat esnasında bitki artıklarının tarlada bırakılan kısımları bir sonraki üretim hazırlıkları için sorun teşkil etmektedir. Bu kalıntıların tarladan uzaklaştırılması, artıkların kullanılabilir hale getirilmesi veya tarlada uygulanacak mekanizasyon uygulamalarına bitki artıklarının en az olumsuz etki edecek seviyeye getirilmesi gibi uygulamalarda bu bitki artıklarına çeşitli teknikler uygulanmaktadır. Bu tür teknikler genellikle yolma, parçalama, çok küçük parçalama ve tırmıklamadır (Kocabıyık, 1997). Bitkilerin mekanik özelliklerini belirlemede amacıyla birçok çalışma yapılmıştır.

Kayıoğlu ve ark.(1999), ayçiçeğinin mekanizasyonuna yönelik bazı özelliklerinin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, ayçiçeği sapının kesme kuvvetinin 23.9 N ile 33.6 N arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

İnce ve ark., 2004, Ayçiçeği sap kalıntılarının kesme ve eğilme gerilimini, elastikiyet modülünü ve kesme enerjisini dört farklı nem değerinde; eğilme gerilimini 37.77-62.09 MPa, elastikiyet modülünü 1251.28 - 2210.89 MPa, kesme gerilimini 1.07 Mpa ve kesme enerjisini 10.08 mJmm⁻² olarak hesaplamışlardır.

Sessiz ve ark., 2013, 5 farklı zeytin çekirdeği çeşidini (Halhali, Gullaki, Maviş, Belloti ve Zoncuk) 3 farklı nem seviyesindeki kesme gücü, kesme gerilimi ve kesme enerji gereksinimini tespit etmişlerdir. Maksimum kesme gücü, kesme gerilimi, kesme enerjisi gereksinimi ve spesifik kesme enerjisi,

Halhali çeşidinde sırasıyla 869.15N, 18.66 MPa , 4.29 J ve 0.0875 Jmm⁻², minimum kesme gücü, kesme gerilimi, kesme enerjisi gereksinimi ve spesifik kesme enerjisi ise Zoncuk çeşidinde sırasıyla 619.19N, 14.75 MPa , 2.44 J ve 0.0531 Jmm⁻², olarak bulunmuştur.

Shahbazi ve Galedar, 2012, Aspir sapsaplarının kesme ve eğilme özelliklerini belirlemede, dört farklı nemde ve 3 sap bölgesinde (alt, orta ve üst) yaptıkları çalışmada, alt bölgesinde %37.16 nem içeriğinde maksimum kesme gerilimi 11.04 MPa, kesme enerjisi ise 938.33 mJ olarak tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada, hasat sonrasında tarlada kalan kanola bitkisinin sapsaplarının, eğme kuvvetlerinin sap çapına bağlı değişimi ile sap bölge farklılıklarının ve nem içeriklerinin kesme gerilmelerine etkileri gibi mekanik özellikleri saptanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada Trakya bölgesinde tarımı yoğun olarak yapılan kanola bitkisinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri konu almaktadır. Çalışma, Kırklareli İli merkez ürünlü köyü 50 da çiftçi tarlasında oluşturulan deneme alanında elde edilen kanola bitki sapsapları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada Kullanılan Kanola Bitkisi

Çalışmada; BrassicaNapus L. türüne ait Elvis çeşidi kışkık kanola bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Elvis çeşidi; gelişmesi hızlı, sağlam kök ve sap yapısına sahip, soğuğa karşı dayanıklı, yüksek yağ oranı (%40-45) hektolitreye ağırlığı yüksek, 00 erusik asit seviyesi sıfır olan kışkık bir kanola çeşididir (Süzer 2008).

Araştırmada Kullanılan Cihazlar

Araştırmada bitkisel materyalin yanı sıra, bitki boyu ölçümleri için şeritmetre, bitki sap kalınlığı ölçümleri için kumpas kullanılmıştır.

Bitkinin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Ölçüm Aletleri

Ara Birim

Kesme ve eğilme deneyinde kullanılan sensörün gönderdiği sinyalleri milivolt / volt olarak bilgisayara aktarmaktır. Sensörlerin gönderdiği sinyallerin dijital ortamda algılanabilmesi ve daha sonra yorumlanabilmesi için arabirime ihtiyaç duyulmaktadır (Kaya 2010).Arabirim olarak HBM Spider 8 kullanılmıştır.



Şekil 1. Ara Birim

Kesme ve Eğilme Deneylerinde Kullanılan Ölçüm Sensörü

düzeneği üzerine gelen kuvvetler ölçülmektedir. Yük hücresinin teknik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Kesme ve eğilme kuvvetlerini ölçmek için ESIT TCS 2 marka 2 tonluk yük hücresi (loadcell) kullanılmıştır (Şekil 2). Yük hücresinin maksimum gerilme direnci 2000 kg’dır. Kullanılan yük hücresinin yapılan literatür araştırmaları doğrultusunda öngörülen kesilme kuvvetleri dikkate alınarak 0-50 kg arası kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Bu yolla belirlenen aralıktaki ölçüm hassasiyetleri saptanmıştır. Kullanılan S tipi yük hücresi alın yüzeylerinin merkezinden açılmış M16 vida dişlerine bağlanan saplamalarla kesme



Şekil 2. Yük Hücresi

Çizelge 1. Yük Hücresinin Teknik Özellikleri

Kapasite	kg	2000
Minimum ölçüm aralığı (Vmin)		Emax / 5000
Toplam hata	%	$\leq \pm 0.03 \leq \pm 0.02$
Sıfara dönüş hatası (DR)	%Emax	0.01
Minimum yük	%Emax	0
Aşırı yükleme kapasitesi	%Emax	150
Aşırı yan yükleme kapasitesi	%Emax	100
Kırılma kapasitesi	%Emax	200
Esneme (Emaxyükte)	mm	=0.4
Maksimum uyarma gerilimi (Umax)	V	15
Kazanç (Cn)	mV/V	$2 \pm 0.1\%$
Yüksüz çıkış	%Cn	± 1.0
Giriş direnci	O	385 ± 20
Çıkış direnci	O	350 ± 3
İzolasyon direnci	MO	=500
Düzeltilmiş çalışma sıcaklığı aralığı	°C	-10...+40
Çalışma sıcaklığı aralığı	°C	-40...+80
Yük Hücresi malzemesi		Çelik
Koruma sınıfı (EN60529 standartlarına göre)		IP68
Ağırlık	kg	1.9

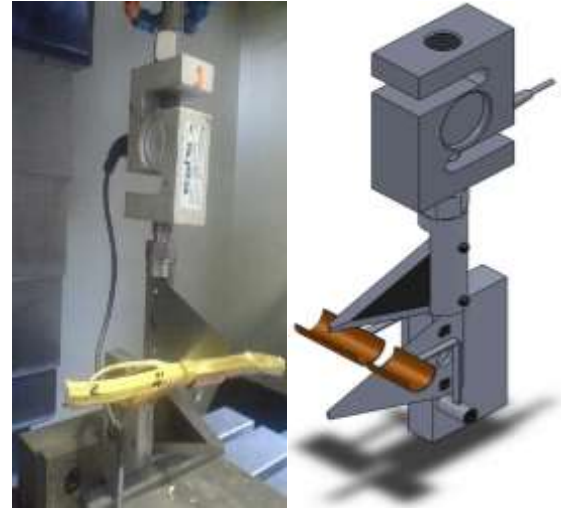
Yük hücresinin teknik özelliklerine bakıldığında kapasitesinin 2000 kg ve toplam hata aralığının $\% \pm 0.03 \leq \pm 0.02$ olduğu görülmektedir. Çelik gövdeli malzemeden yapılan ve 1,9 kg ağırlığında olan yük hücresinin maksimum uyarılma gerilimi 15 V dur.

Yazılım

Araştırmada yapılan ölçümlerin ara birimle bilgisayara aktarılmasından sonra okunabilmesi için HBM CATMAN EXPRESS 4.5 isimli yazılım kullanılmıştır.

Kesilme ve Eğilme Kuvveti

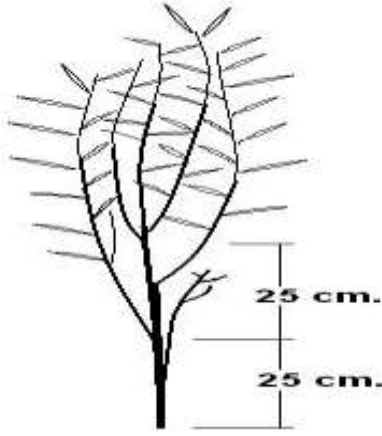
Kanola saplarının kesme ve eğilme dayanımlarını belirlemek için bir düzenek hazırlanmış ve örnekler test edilmiştir. Kesme düzeneğinde kanola aparatında dikine bıçak sisteminde kullanılan orijinal kanola aparat bıçağı ve çalışma açıları kullanılmıştır. Denemelerinde kesme hareketli üst bıçağın sabit alt bıçağa 100 mm dk⁻¹’lık düşey doğrultuda doğrusal hareketi ile sağlanmaktadır. Deney düzeneğinde bıçaklar birbirlerine teğet çalışacak şekilde boşluksuz konumlandırılmıştır. Denemeler esnasında sapların bıçak merkezinde hep aynı konumda sabit durabilmesi için düzenek üzerinde özel sap konumlandırma elemanları kullanılmıştır. Kesme deneyinde kullanılan düzenekler ve kesme işlemi esnasındaki görünüşleri Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Kesme Kuvvetinin Saptanmasında Kullanılan Düzenekte Kesme İşlemi Esnasındaki Görünüşleri

Kesme ve eğilme testinde kullanılan örnekler kanola bitkisinin hasat zamanında alınmıştır. Hasat işlemi sırasında makinenin kesici elemanı (Kanola aparat bıçağı) karşılaşılabilecek bitkinin sap bölgesi dikkate alınarak kesme ve eğme testinde kullanılan sap materyalleri (yan dal ve ana dal), sapların yan dallanmaların başladığı kısımdan itibaren 50 cm uzunluktaki ana dal (gövde) kısmı 2 eşit parçaya bölünmüştür. Kanola bitkisinin hasatta kesim yüksekliği yerden 25 cm’dir. Örnekler 25 cm’lik eşit uzunluklara bölünerek kumpas aracılığı

ile çok sayıda ölçümler yapılarak ortalama çap değeri bulunmuştur (Şekil4).



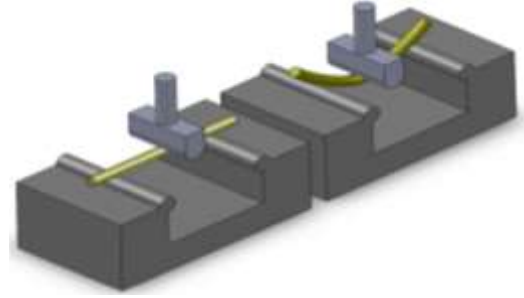
Şekil 4. Kanola Bitki Gövdesinin Ölçüm Yapılan Bölümleri

Eğilme Kuvveti

Kanola sapsularının eğilme kuvvetlerinin belirlenmesi için, üç nokta eğme test düzeneği kullanılmıştır. Hazırlanan düzenek basit eğme deneyine göre tasarlanmış ve sap materyalinin iki noktadan yüklenmesi esasına dayanmaktadır (Mohsenin 1970, Anazoda 1983, Simonton1992, ASAE 1994, Kocabıyık 1997). Eşit uzunluklardaki örnek parçaları eğme deneyinde kullanılan düzeneğin sabit parçasına iki noktadan degecek şekilde yerleştirilmiştir. Hareketli parça sabit hızla örneğin; düzeneğe ait alt parçasına değme noktalarının orta noktasından kuvvet uygulanması sağlanmıştır (Anazoda 1983, Prussia ve ark. 1985).

Hoseinzadeh ve Shirneshan (2012), yaptıkları benzer bir çalışmada tek bıçaklı bir kesme düzeneği kullanarak 200 mmdk⁻¹ kesme hızı ile kanola sapsularının kesilme direncini saptamışlardır. Yürütülen bu çalışmada ise düzeneğin çift bıçaklı olması nedeni ile düzeneğin hareketli parçasının düşey düzlemdeki hareket hızı bıçak sayısına bölünerek 100 mmdk⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bitki sapsuları, uygulanan kuvvet altında kırılıncaya kadar eğilmeye çalışılmıştır (Güzel ve Zeren 1981, Kocabıyık 1997). Uygulanan kuvvet altında eğilen örneklerin

nem içeriklerinin fazla olmasından dolayı bazı örneklerde direkt olarak bir kırılmanın olmaması nedeniyle uygulanan kuvvet artışının durduğu maksimum kuvvet belirlenmiştir (Şekil5).



Şekil 5. Üç Nokta Eğme Test Düzeneği

Bilgisayar Destekli Ölçme Sistemi Kalibrasyonu

Yük Hücresinin Kalibrasyonu

Ölçüm sisteminde yer alan ve kuvvet ölçen yük hücresinden, özellikle dinamik koşullarda elde edilen değerlerin doğru ve güvenilir değerler olduğunu belirlemek gerekir. Dinamik koşullarda ani yüklenme veya yüklenme azalması durumunda oluşan değişimin belirlenmesinde değişken yüklenme (hysteresis) yöntemi kullanılmıştır. Tekrarlı yüklemelerde ölçüm değerlerindeki sapsuların belirlenmesinde tekrarlı ölçüm yöntemleri kullanılmıştır (Akıncı 1994, Dalmış ve Kayışoğlu 2009).

Değişken Yüklenme (Hysteresis) Yöntemi

Yük hücreleri üzerinde, dinamik koşullarda yüklenme, yük etkisinin azalması veya ortadan kalkması durumunda, kuvvet değerlerindeki değişimin saptanması için her bir hücre 98 N'luk (1000 gr.) artış değeri ile 490 N' a (5 kg.) kadar yüklenmiş ve yine 98 N'luk azalış değerleri ile yük azalması, geri yüklenme koşulu sağlanmıştır. Statik koşullarda yapılan bu deneme ile dinamik koşullarda oluşabilecek yük değişiminin hücreler üzerindeki etkisi bulunmuştur (Akıncı 1994, Dalmış ve Kayışoğlu 2009).Yüklenme ve geri yüklenme şeklinde tanımlanan değişken yüklenmelerin her bir yük hücresi üzerindeki etkileri Çizelge 2'de açıklanmıştır.

Çizelge 2.Değişken Yüklenme Değerleri

Ağırlık	Yüklenme Birim (mV/V)	Ağırlık (N)	Geri Yüklenme Birim (mV/V)
98	0,0098	490	0,0491
196	0,01964	392	0,03928
294	0,02946	294	0,02946
392	0,03928	196	0,01964
490	0,0491	98	0,001

Çizelge 2.'de yüklenme birimleri olarak mV/V değerlerinin karşılığında denk gelen Newton değerleri 98 ile 490 arasında değişmektedirler.

Tekrarlı Ölçüm Yöntemi

Yük hücrelerinin tekrarlı yüklenme koşullarında kuvvet değişim oranının saptanması için, yük hücreleri çok tekrarlı

olarak sabit yük etkisi altında bırakılmıştır. Sabit yük değeri 294 N' dur (Akıncı 1994, Dalmış ve Kayışoğlu 2009). Çizelge 3.'te görüldüğü gibi, üç tekrarlı olarak yapılan tekrarlı ölçüm denemelerinde standart sapma değeri 0 dır. Yapılan tekrarlı ölçümlerde elde edilen yüklenme değerlerindeki farklılığın küçük olması, sistemin değişik zamanlarda ve farklı yüklenme

koşullarında doğru ve güvenilir ölçümler yapabileceğini göstermektedir (Akıncı1994).

Çizelge 3. Tekrarlı Yüklenme Değerleri

Tekrar Sayısı	Yüklenme Değer (N)
1	294
2	294
3	294
Ortalama	294
Standart sapma	0

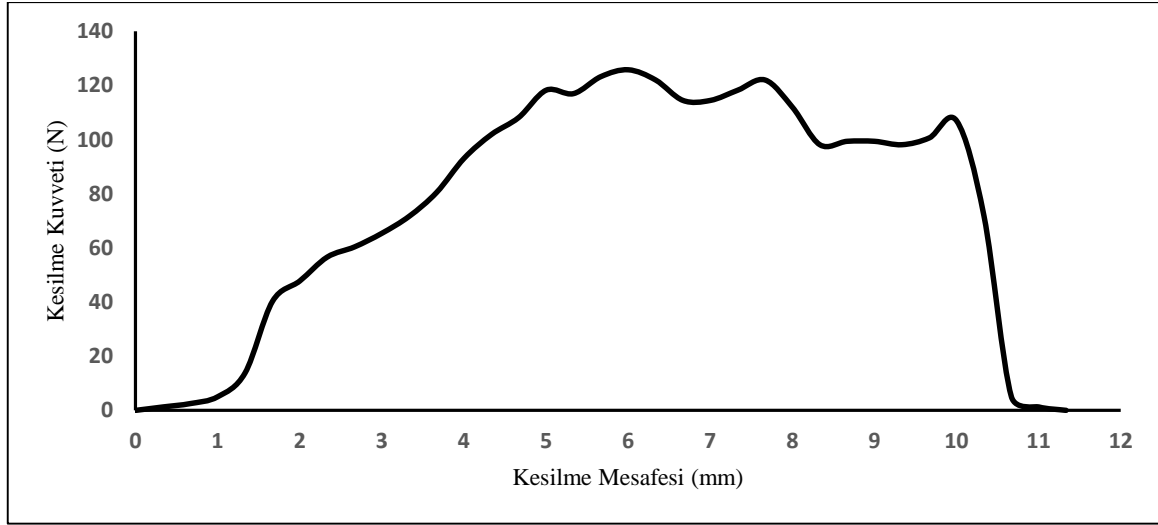
Kesilme ve Eğilme için harcanan enerjinin hesaplanması

Ölçümler sonucunda oluşturulan kuvvet-deformasyon eğrilerinin altında kalan alan Excell programında yazılan bir makro ile hesaplatılmıştır. Bu alan kesilme ve eğilme için harcanan toplam enerjiyi vermektedir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 4. Kanola Sapının Farklı Bölgelerindeki Kesilme Kuvvetleri

Sap Bölgesi (cm)	Çap (mm)	Nem (%)	Kesilme Kuvveti (N)		
			Max.	Min.	Ort.
0-25	8.2	55,97	127.05	89.12	108.08
25-50	8.1	54,25	124.28	84.09	104.18



Şekil 6. Kesilme Kuvveti Diyagramı

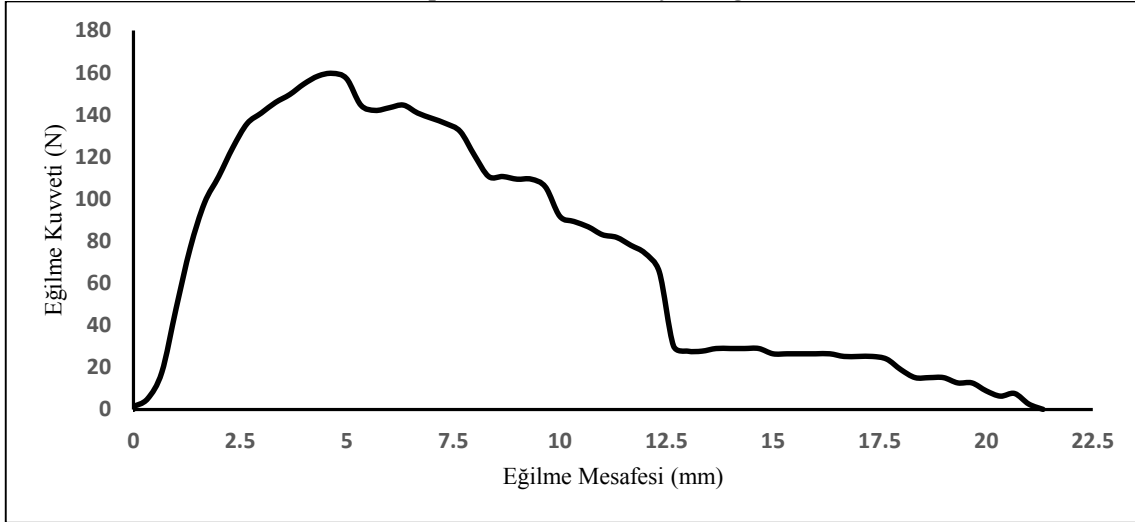
Eğilme Kuvveti

Kanola saplarının eğilme deneyinde ölçülen eğilme kuvveti ve eğilme miktarları değerleri Çizelge 5 'te verilmiştir. Çizelge 5 incelendiğinde sapın farklı bölümler arasında yapılan ölçümler sonucunda maksimum eğilme kuvveti 0-25 cm 148.80

N, 25-50 cm'de 159.12 N ile yan dallanmaların başladığı kısımda meydana gelirken, minimum eğilme kuvveti ise 0-25 cm 'de 87.48 N, 25-50 cm 96.97 N olarak belirlenmiştir. Kanola saplarına uygulanan eğilme kuvvetinin değişim diyagramı Şekil 7'de verilmiştir. Sapın eğilmesi için harcanan ortalama enerji 1.56 J, güç ise 0.58 W olmuştur.

Çizelge 5. Kanola Sapının Farklı Bölgelerindeki Eğilme Kuvveti

Sap Bölgesi (cm)	Eğilme Kuvveti(N)		
	Max	Min.	Ort.
0-25	148.80	87.48	117.8
25-50	159.12	96.97	128.045



Şekil 7. Eğilme Kuvveti Diyagramı

4. SONUÇ

Tarımsal ürünlerin darbe ve kesilme direnci gibi mekanik özellikleri önemlidir. Kanola tarımında en önemli problem sapların tarladan uzaklaştırılması veya parçalanarak toprağa karıştırılmasıdır. Bu araştırmada kanola sapının parçalanmasına etkili olan eğme kuvveti ve kesilme gerilmesi gibi kanola sapının bazı mekanik özellikleri incelenmiştir. Kanola üretiminde ekimden hasada ve hasattan sonraki işlem aşamalarında bitki ve taneli materyali doğrudan veya dolaylı yollarla temas halinde olan makinelerin geliştirilmesinde, yeni makinelerin tasarlanmasında önemli tasarım parametrelerini oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- Akinci, i., 1994. Traktör-tarım makinası enerji ilişkilerinin saptanması için bilgisayar destekli ölçme sisteminin geliştirilmesi ve mekanizasyon planlamasında temel işletmecilik verilerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ABD, Doktora tezi, Adana.
- Anazoda, U.G.N., 1983. Mechanical properties of the corn cob in simple bending . Transaction of the ASAE, 26(5): 1229-1233
- Anomin 2015a, Kolza (Kanola) tarımı Prof. Dr. Necmi İŞLER M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü ders notları, Mersin.
- Anonim 2015b, Bitkisel yağ sanayicileri derneği, <http://www.bysd.org.tr/Istatistikler.aspx>, erişim tarihi: 13.05.2015
- ASAE, 1994. ASAE standart s352.2, moisture measurement-forages. agricultural engineering yearbook. Americansociety of agricultural engineers, st.joseph. Mı, 49085. P.471
- Dalmış, S.İ., ve Kayışoğlu, B., 2009 Development of a prototype measurement apparatus for determining some physical-mechanical properties of fruits toprocess them after harvest,international scientific conference 20/21November 2009, Gabrovo, Bulgaria.
- Güzel, E.,ve Zeren. Y., 1981 Çukurova bölgesinde imal edilen sap kesme makinalarının iş yetikliği üzerine bir çalışma. 6.Tarımsal mekanizasyon semineri, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Adana.

- Hoseinzadeh, B., & Shirneshan, A. (2012). Bending and shearing characteristics of canola stem. American-Eurasian J. Agric. and Environ, 12(3), 275-281.
- İnce, A., Uğurluay, S., Güzel, E., Özcan, M.T., 2005, Bending and shearing characteristics of sunflower stalk residue, Biosystems Engineering (2005)92(2), 175-181 doi:10.1016/j.biosystemseng.2005.0703PM—Powerand Machinery
- Kaya, K., 2010 Çapa traktörlerinin tork ve çeki kuvvetini saptamak amacıyla bir test düzeneğinin geliştirilmesi, Yüksek lisans tezi, NKÜ Fen bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD, Tekirdağ
- Kayışoğlu, B., P. Ülger, H. Kocabıyık ve T.Aktaş, 1999. A research on the determination of some mechanical properties of sunflower. CIOSTA-CIGR XXVIII International Congress 14-17 June, Work Sciences in Sustainable Agriculture, Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark.
- Kocabıyık, H., 1997. Ayçiçeğinin hasada yönelik bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin saptanması üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım makinaları ABD, 1997,Tekirdağ.
- Mohsenin, n. N., 1970. Physical properties of plant and animal material. Gordon and breach science publishers. New york.
- Prussia.S.E.,D.T Campbell, E. W. Tollner and J. W. Daniell. 1985. Apparent modulus of elasticity of maturing pecans. Transaction of the ASAE, 28(4): 1290-1296.
- Shahbazi, F., ve Galedar, M.N.2012, Bending and shearing properties of safflower Stalk, J. Agr. Sci,Tech, 2012 Vol. 14:743-754
- Sessiz A., Eliçin, A.K., Esgici, R., Özdemir,G., ve NOZDROVİCKY, L.,2013, Cutting properties of olive sucker, Acta technologicae agriculture 3 Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2013, p.82-86
- Süzer, S., (2008) Kanola (Kolza) tarımı Hasad Yayıncılık ISBN 978-975-8377-61-9, İstanbul.
- Turgut, N., Kara, M., 1999. Tarımsal ürünlerin fiziksel özellikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 212, Erzurum.
- Yağcıoğlu, A., 1996 Ürün işleme tekniği, E.Ü. Ziraat fakültesi yayınları No: 517, Bornova, İzmir.
- Ülger, P., Güzel, E., Akdemir, B., Kayışoğlu, B., Pınar, Y., Eker, B., Bayhan, Y. 1996. Tarım Makineleri İnkeleri, T.Ü Tekirdağ Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 29, Tekirdağ.



Yanardağ Patlamalarının Türkiye'deki FIR Sahaları Üzerine Etkisi: Volkanik Kül İçin 14 Nisan 2010 Örnek Olay İncelemesi

Emrah Tuncay ÖZDEMİR^{1,2}, Ali DENİZ¹

¹Istanbul Technical University, Aeronautics and Astronautics Faculty, Department of Meteorology, Maslak, 34469, Istanbul, Turkey

²General Directorate of Meteorology, Atatürk Airport Meteorology Office, Yeşilköy, 34149, Istanbul, Turkey, etozdemir@gmail.com

(Gönderilme tarihi: 5 Ekim 2015, kabul tarihi 6 Aralık 2015)

Özet

Volkanik kül bulutları patlamanın olduğu yanardağdan yüzlerce, binlerce mil uzaklara, hatta meteorolojik şartlara bağlı olarak kıtalararası mesafeler boyunca sürüklenebilir. Çok geniş bir hava sahasında etkili olabilir. Kül bulutları birkaç ülkenin, FIR (Flight Information Region-Uçuş Bilgi Bölgesi) ve kontrol sahasına yayılarak tehlike oluşturabilir. Çok geniş bir sahada etkili olan volkanik kül bulutları havacılık için hayati önem taşımaktadır. Volkanik kül bulutlarının mevcut olması veya günümüzde öngörüsü yapılan etki alanlarının tespit edilebilmesi uçuşlarda rota değişimlerine, gecikmelere ve hatta uçuş iptallerine neden olmaktadır. Bu çalışmada 2010 ile 2015 yılları arasında meydana gelen yanardağ patlamalarının Türkiye FIR Sahaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. 5 yıllık periyotta Fransa'da bulunan Volkanik Kül Tavsiye Merkezi (VAAC-Volcanic Ash Advisory Centre) Toulouse'la koordineli çalışan Londra Volkanik Kül Tavsiye Merkezi tarafından hazırlanan Volkanik Kül Grafikleri (VAG-Volcanic Ash Graphic) kullanılmıştır. Türkiye'deki FIR Sahalarına olan etkilerin araştırılması içinde Türkiye'de bulunan Ankara FIR (LTAA) ve İstanbul FIR (LTBB) sahaları için sırasıyla Esenboğa ve Atatürk Uluslararası Havalimanları Meteoroloji Ofisleri tarafından hazırlanan SIGMET (Significant Meteorological Information) mesajları değerlendirilmiştir. Elde edilen Atatürk Uluslararası Havalimanı Meteoroloji Ofisi'nin hazırladığı SIGMET mesajlarına göre, 18 Nisan 2010 tarihinde Trakya'nın kuzeyi ve Karadeniz'in güney batısı, 19 Nisan 2010 tarihinde de Karadeniz'in güney batısı uçuş seviyesi olarak 10.000 feet ile 30.000 feet arasındaki mesafeler için uçuşlara kapatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Volkanik Kül, VAAC, VAG, İstanbul FIR, Ankara FIR.

The Effect of Volcanic Eruptions on Turkish FIR Areas: A Case Study of Volcanic Ash on 14 April, 2010

Abstract

Volcanic ash clouds could be drifted to hundreds, thousands of miles away and even intercontinental depending on meteorological conditions. They can have an effect over a very large air space. Ash clouds can drift over multiple countries, FIR (Flight Information Regions) and control areas and may cause danger. Volcanic ash clouds, which are effective in a very large area, have vital importance for aviation. Existence of volcanic ash clouds, or locating the dangerous areas may cause route changes, delays or even flight cancellations. In this study, the effect of volcanic eruptions between 2010-2015 in Turkish FIR areas were examined. The 5 year period of VAG (Volcanic Ash Graphic), which is designed by London Volcanic Ash Advisory Centre (VAAC) and works in coordination with Toulouse VAAC located in France, was used. In order to investigate the effects on Turkish FIR areas of Ankara FIR (LTAA) and İstanbul FIR (LTBB) areas, the SIGMET (Significant Meteorological Information) messages, which were generated by Esenboğa and Atatürk International Airport Meteorological Offices respectively, were examined. As the result of SIGMET messages generated by Atatürk International Airport Meteorological Office, flights between 10.000 and 30.000 feet altitude were cancelled in 18th April 2010 for northern Thrace and south west Black Sea region as well as in 19th of April 2010 for south west Black Sea region.

Keywords: Volcanic Ash, VAAC, VAG, İstanbul FIR, Ankara FIR.

1. Giriş

Volkanik kül bulutları patlamanın olduğu yanardağdan yüzlerce, binlerce mil uzaklara, hatta meteorolojik şartlara bağlı olarak kıtalararası mesafeler boyunca sürüklenebilir. Ayrıca çok geniş bir hava sahasında etkili olabilirler. Kül bulutları birkaç ülke, FIR (Flight Information Region-Uçuş Bilgi Bölgesi Sahası) ve kontrol sahasına yayılarak tehlike oluşturabilir. Çok

geniş bir sahada etkili olan volkanik kül bulutları havacılık için hayati önem taşımaktadır. Volkanik kül bulutlarının mevcut olması veya günümüzde öngörüsü yapılan etki alanlarının tespit edilebilmesi uçuşlarda rota değişimlerine, gecikmelere ve hatta uçuş iptallerine neden olmaktadır. Volkanik kül bulutlarının neden olabileceği zararlardan kaçınmanın tek yolu volkanik kül

bulutlarından uzak durmaktır (MGM, 2010; Schmidt ve ark., 2015).

İtalya'da Napoli Şehri'nin doğusunda bulunan Vezüv Yanardağı'nın (40°49' K-14°26' D, rakım: 1.280 m) 22 Mart 1944 tarihinde patlaması sonucunda, Napoli Şehrinde ve çevresinde bulunan havalimanlarındaki park etmiş halde bulunan uçakların üzerlerinde biriken küllerin ağırlığı uçakların kuyrukları üzerine devrilmelerine neden olmuştur (Resim 1). Bu olayda birçok uçak hasar görmüştür (Meteoroloji, 1999; Wikipedia, 2014).



Resim 1: Vezüv Yanardağı'nın patlamasından sonra 23 Mart 1944 tarihinde çekilen resim (Warwingsart, 2014)

Vezüv Yanardağı'nın 1944 tarihinde patlamasından sonraki 36 yıl boyunca havacılık tarihini etkileyen önemli bir olay meydana gelmemiştir. Bunun nedeni, dünya volkanlarının çok azının patlayarak lav püskürtmesinin gözlemlendiği bir dönem olmasıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nin Washington Eyaleti'nde bulunan St. Helen Dağı'nın (46°11'28" K - 122°11'40" B, rakım: 2.550 m) 18 Mayıs 1980 tarihinde 5.1 büyüklüğünde yer sarsıntısıyla patlaması sonucunda havacılık tarihinde volkanlara karşı yeni bir sayfanın açılmasına neden olmuştur. Püsküren lavlar atmosfer içinde 80.000 feet yüksekliğe kadar çıkmış ve 57 kişinin ölümüne neden olmuştur. 20 Mayıs 1980 tarihinde AP Photo tarafından çekilen resimde arabanın ön ve arkasıyla içinin tamamen volkan külleriyle dolmuş olduğu görülmektedir (Resim 2). Washington Eyaleti'nin dışında 10 farklı eyalette de volkan külleri etkili olmuştur (Meteoroloji, 1999; Wikipedia, 2014; Boston, 2014).



Resim 2: St. Helen Dağı'nın patlamasından sonra 20 Mayıs 1980 tarihinde Washington Eyaleti'nde çekilen resim (Boston, 2014)

Volkanik küllerin havalimanlarına ulaşması sonucunda, 1944 yılından günümüze yaklaşık 40 havalimanı 1 saatten 3 haftaya uzanan bir zaman diliminde kapalı kalmıştır. Volkanik küller havalimanlarında pistin, taksi yollarının, apronun, binaların, yer servislerinin, elektrik ve haberleşme ünitelerinin ve park halinde olan uçakların olumsuz olarak etkilenmesine

neden olmaktadır. Volkanik küllerin havalimanlarına olan diğer etkileri ise, özellikle ıslak küllerin sebep olduğu pist üzerindeki frenleme katsayısının düşmesi, küllerin yerde birikmesi sonucunda iniş ve kalkışlarda uçak motorlarının çalışmasıyla hakim rüyetin düşmesi ve küllerin park halindeki uçaklar ve hangarlar üzerinde birikmesi sonucu uçakların ağırlığının artmasıdır (Volcanoes, 2014).

Dunn ve Wade (1994) yaptıkları çalışmada volkanik kül bulutlarına maruz kalan uçaklarda meydana gelen etkileri incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçları; a) Uçağın sıcak parçaları üzerinde kül tozlarının bir tabaka oluşturması b) Motorun iç parçalarının aşınması c) Yakıt ve soğutma sistemlerinde meydana gelen tıkanıklık d) Yakıt sisteminin kirlenmesi e) Kokpit camının ve iniş ışıklarının kirlenmesi ve donuklaşması f) Elektronik sistemlerinin kirlenmesi g) Anten yüzeylerinin aşınması h) Pito statik sisteminin tıkanması ve buna bağlı olarak sürat saatinin bozulması olarak sıralayabiliriz. Bilimsel literatürde volkanik küllerin uçaklara ve havacılık sektörüne verdiği zararlarla ilgili çalışmalar mevcuttur (Casadevall, 1994; Casadevall ve ark., 1996; Holasek ve ark., 1996; Prata, 2009; Chen ve Zhao, 2015; Scollo ve ark., 2015).

Volkanik kül bulutlarıyla karşılaşan uçaklardan alınan bilgilere göre, kabin içinde duman veya ince toz gözlenmekte, elektriksel bir yanma varmış gibi keskin bir koku, düşük gerçek hava sürati göstergesi, kargo yangın alarmının çalışması (küllerin yangın alarmını tetiklemesi sonucu), St. Elmo Ateşi (gök gürültülü fırtınalarda, sivri uçlu yapıların tepe noktalarında veya bulutların yüksek uç kesimlerinde görülen ve genellikle parlak mavimsi bir ışık halinde beliren atmosfer elektriği olayı)'na benzer ön camda ve kanatlarda, stabilizatörde statik elektrik boşalmaları, motor girişlerinde beyaz parıltı, kompresör stall (kompresör içindeki hava akışının yavaşlaması, durması veya ters yönde hareketi), artan egzoz gazı sıcaklıkları gibi pek çok motor problemleri meydana gelebilmektedir (Meteoroloji, 1999; Boeing, 2000; ICAO, 2001).

Volkanik küllerin oluşturduğu tehlikelerden korunmak amacıyla Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın (WMO-World Meteorological Organization) tavsiyesi sonucunda Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO-International Civil Aviation Organization) tarafından görevlendirilmek üzere Bölgesel Volkanik Kül Meteoroloji Merkezleri'nin kurulması sağlanmıştır. 9 Volkanik Kül Tavsiye Merkezinin sorumluluk alanları Şekil 1'de gösterilmiştir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu sahanın Volkanik Kül Tavsiye Merkezi Toulouse (Fransa)'dır (MGM, 2010; ICAO, Annex, 2013; Meteo France, 2015).



Şekil 1: 9 Volkanik Kül Tavsiye Merkezi'nin sorumluluk alanları (Meteo France, 2015)

FIR, uçuş bilgi ve uyarı hizmetlerinin sağlandığı, sınırları belirlenmiş hava sahalarıdır. Farklı geometrik şekillerde olan FIR'lar bir ülkedeki hava sahasının parçalarıdır. Bir veya birden fazla olabilirler. Türkiye'de iki FIR sahası bulunmaktadır. Bunlardan birincisi Ankara FIR (LTAA) Sahası, ikincisi de İstanbul FIR (LTBB) Sahası'dır. Şekil 2'de bu iki FIR sahasının sınırları gösterilmiştir. Esenboğa ve Atatürk Uluslararası Havalimanları Meteoroloji Gözlem Ofisleri olup, sırasıyla LTAA ve LTBB FIR Sahaları'ndan sorumludurlar. SIGMET (Significant Meteorological Information) havacılık faaliyetlerini etkileyen hava hadiselerini içeren uyarı mesajları olup, Meteoroloji Gözlem Ofisleri olan Atatürk ve Esenboğa Havalimanları'nın en önemli görevleri arasında olup, uçuş faaliyetleri üzerinde etkili olan şiddetli meteorolojik hadiseleri içerir. Volkanik kül hadisesi de şiddetli meteorolojik hadiseler içine girmektedir ve SIGMET mesajı içerisinde yayımlanmaktadır. Ayrıca bu mesajlar meteoroloji gözlem ofislerinde bulunan VOLMET (Meteorological Information for Aircraft in Flight) cihazı vasıtasıyla havadaki uçaklara sesli olarak yayımlanmaktadır (Eur Sigmat Guide, 2007; MGM, 2010; Annanurov ve ark., 2014; MGM, 2014).



Şekil 2: İstanbul ve Ankara FIR Sahaları (Eurocontrol, 2015)

Amerika Birleşik Devletleri Yerbilimsel Araştırma Kurumu (USGS-United States Geological Survey) tarafından kullanılan volkanik aktiviteler için alarm-uyarı sisteminin renk kodları ve açıklamaları Tablo 1'de gösterilmiştir. Yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı olmak üzere dört adet renk kodu bulunmaktadır (AVO, 2015; USGS, 2015).

RENK KODU	AÇIKLAMA
YEŞİL	Volkan başlangıç seviyesinde, püskürmesi beklenmiyor veya püskürme sonrası sönme evresinde, volkanik aktivite bitmiş, püskürme sonlanmışta olabilir
SARI	Volkan başlangıç seviyesinin üzerinde, volkanın aktiviteleri gözlemlenebilir durumda veya volkan püskürme evresini sonlandırmış, gözle görülür derecede etkisini kaybetmiş fakat artçı aktiviteler gözlemlenebilir
TURUNCU	Volkanik aktivitenin etkileri şiddetlenmekte ve kısmi püskürmeler gözlemlenmektedir. Volkan parçacıkları seviyesi belirlenebilir seviyelerde fakat kısmi zararlar oluşturabilir
KIRMIZI	Şiddetli ve tehlikeli püskürmeler beklenmekte, atmosferdeki volkanik kül emisyonu şiddetli

(Bu renk kodları Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'nün tavsiyelerine göre hazırlanmıştır. Uyarılar artış azalışlarına göre ve yanında açıklamalarıyla birlikte yayınlanır).

Bu çalışma, 2010 ile 2015 yılları arasında meydana gelen yanardağ patlamalarının Türkiye FIR Sahaları üzerine olan etkilerinin incelenmesini kapsamaktadır. İngiltere'de bulunan Londra ve Fransa'da bulunan Toulouse Volkanik Kül Tavsiye Merkezleri koordineli olarak çalışmaktadır. Bu çalışmada Londra Volkanik Kül Tavsiye Merkezi tarafından hazırlanan Volkanik Kül Grafikleri kullanılmıştır. 5 yıllık periyotta İzlanda'da bulunan Eyjafjallajökull Yanardağı'nın (63°38' K-19°37' B; rakım: 1.666 m) 21 Mart 2010 ve 14 Nisan 2010 tarihlerinde lav püskürtmesi ve meteorolojik şartlarında etkisiyle Türkiye FIR Sahaları 18 Nisan 2010, 19 Nisan 2010, 21 Nisan 2010, 09 Mayıs 2010, 10 Mayıs 2010 ve 11 Mayıs 2010 tarihlerinde etkilenmiştir. Bu yanardağ 3-4 km çapta bir kraterle sahip olup, 14 Nisan 2010 tarihindeki patlamanın çok şiddetli olması nedeniyle Avrupa hava trafiğinde önemli ölçüde aksamalara neden olmuştur (Wikipedia, 2015).

2. Yöntem

Bu çalışmada 2010 ile 2015 yılları arasında meydana gelen yanardağ patlamalarının Türkiye FIR Sahaları üzerindeki etkileri incelenmiştir. 5 yıllık periyotta Fransa'da bulunan Volkanik Kül Tavsiye Merkezi Toulouse'la koordineli çalışan Londra Volkanik Kül Tavsiye Merkezi (VAAC-Volcanic Ash Advisory Centre) tarafından hazırlanan Volkanik Kül Grafikleri (VAG-Volcanic Ash Graphic) kullanılmıştır. Türkiye'deki FIR Sahalarına olan etkilerin araştırılması içinde Türkiye'de bulunan Ankara FIR (LTAA) ve İstanbul FIR (LTBB) sahalaları için sırasıyla Esenboğa ve Atatürk Uluslararası Havalimanları Meteoroloji Ofisleri tarafından hazırlanan SIGMET mesajları değerlendirilmiştir.

İstanbul FIR ve Ankara FIR Sahaları için yapılan SIGMET (Volkanik kül için) mesajlarından sadece İstanbul FIR Sahasına ait 18 Nisan 2010 tarihine ait 4 numaralı SIGMET mesajına ve

19 Nisan 2010 tarihine ait 1 numaralı SIGMET mesajına ulaşılabilmemiş, diğer SIGMET mesajlarına ulaşılamamıştır. İstanbul FIR Sahasına ait bu iki mesaj yapılan değerlendirmede kullanılmıştır. SIGMET mesajları Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'ye bağlı İstanbul Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi'nden temin edilmiştir.

3. Analiz

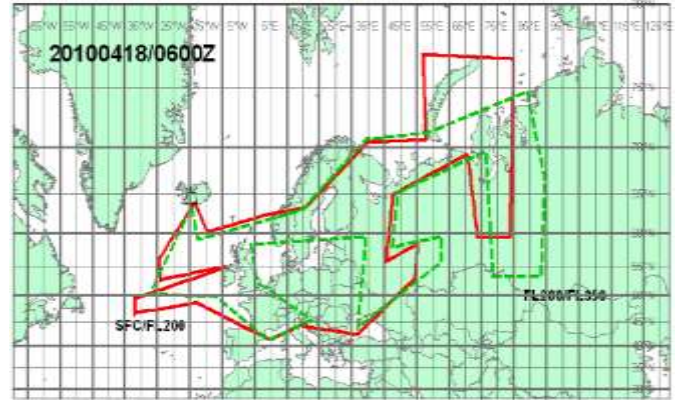
Bu çalışmada 2010 ile 2015 yılları arasında meydana gelen yanardağ patlamalarının Türkiye FIR Sahaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu 5 yıllık periyotta Fransa'da bulunan Volkanik Kül Tavsiye Merkezi Toulouse'la koordineli çalışan Londra Volkanik Kül Tavsiye Merkezi tarafından hazırlanan Volkanik Kül Grafikleri kullanılmıştır.

Londra Volkanik Kül Tavsiye Merkezi tarafından hazırlanan Volkanik Kül Grafikleri yayınlandığı saat ve tahmin edilen her 6 saatlik periyodu içine alacak şekilde 18 saatlik tahminleri içermektedir. Kullanılan aralık ana sinoptik saatler olup 00:00 UTC (Coordinated Universal Time), 06:00 UTC, 12:00 UTC ve 18:00 UTC saatlerini kapsamaktadır. Yayınlandığı saatteki Volkanik Kül Grafiği gözlemlenen ve devam etmesi beklenen volkanik kül bulutlarının kapsadığı alanları, +6HR (Hour-Saat), +12HR ve +18HR Volkanik Kül Grafiklerinde volkanik kül bulutlarının tahmin edilen meteorolojik şartlara göre gelecekte kapsayabileceği alanları göstermektedir. Bu çalışmada volkanik küllerin Türkiye FIR Sahaları'na olan etkisini incelemek için Volkanik Kül Grafiklerinin ilk yayınlandığı ana sinoptik saati içeren grafikler değerlendirmeye alınmıştır. Grafikler üzerinde volkanik kül hüzmelerinin seviyeleri uçuş seviyeleri olarak gösterilmiştir (Şekil 3,4,5,6; kırmızı çizgi, yeşil ve mavi kesikli çizgiler).

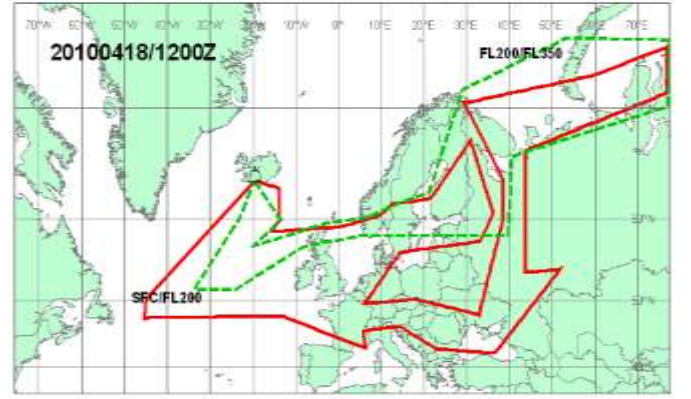
Volkanik Kül Grafiklerinin değerlendirilmesi sonucunda, Türkiye FIR Sahalarının 2010 yılının 18 Nisan, 19 Nisan, 21 Nisan, 09 Mayıs, 10 Mayıs ve 11 Mayıs tarihlerinde kül bulutlarından etkilendiği tespit edilmiştir.

3.1. Volkanik Kül İçin 14 Nisan 2010 Örnek Olay İncelemesi

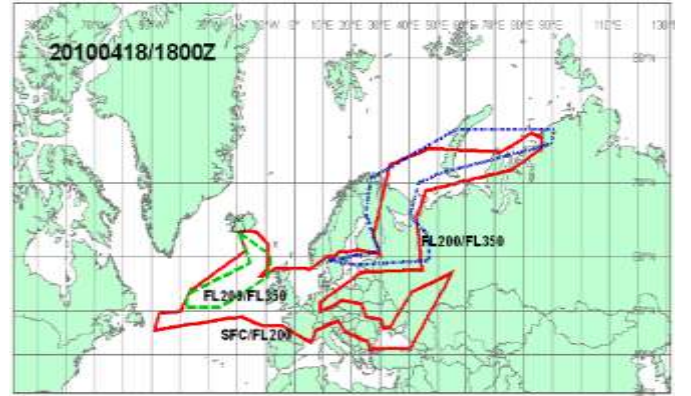
Eyjaflajallajökull Yanardağı'nın 14 Nisan 2010 tarihindeki patlamasının çok şiddetli olması ve meteorolojik şartlarında etkisiyle Türkiye FIR Sahaları 18 Nisan 2010 ve 19 Nisan 2010 tarihlerinde kül bulutlarından etkilenmiştir. 18 Nisan 2010 06:00 UTC'deki Volkanik Kül Grafiğine göre Havacılık Renk Kodu "Kırmızı" olmak üzere İstanbul ve Ankara FIR Sahalarının Batı Karadeniz'deki bölümlerini içine alacak şekilde yer seviyesinden uçuş seviyesi 20.000 feet aralığında volkanik kül hüzmelerinin olabileceği görülmektedir (Şekil 3). Aynı günün 12:00 UTC'sinde meteorolojik şartlara bağlı olarak volkanik kül hüzmelerinin kırmızı renk kodunu koruyarak Orta Karadeniz'e doğru genişleyerek yine aynı uçuş seviyesinde Türkiye'nin kuzey kıyılarına ulaştığı görülmektedir (Şekil 4). 18:00 UTC'de kırmızı renk kodu ve aynı uçuş seviyelerinde olmak üzere neredeyse bütün Karadeniz'i içine alacak şekilde volkanik kül hüzmelerinin Trakya'nın kuzeyinden Türkiye'nin kuzey kısımlarını da içine alacak şekilde genişlediği görülmektedir (Şekil 5). 19 Nisan 2010 00:00 UTC'de yine aynı renk kodu ve uçuş seviyesinde olmak üzere kül hüzmelerinin İstanbul ve Ankara FIR Sahalarının Karadeniz bölgesinde olabileceği görülmektedir (Şekil 6).



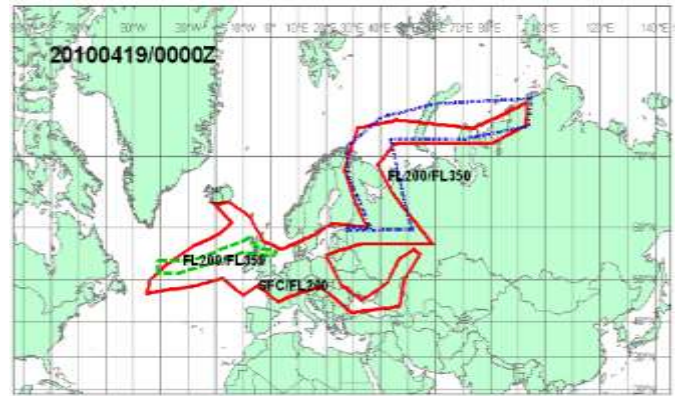
Şekil 3 : 18 Nisan 2010 06:00 UTC (VAAC, London)



Şekil 4 : 18 Nisan 2010 12:00 UTC (VAAC, London)



Şekil 5 : 18 Nisan 2010 18:00 UTC (VAAC, London)



Şekil 6 : 19 Nisan 2010 00:00 UTC (VAAC, London)

İstanbul FIR ve Ankara FIR Sahaları için yapılan SIGMET (Volkanik kül için) mesajlarından sadece İstanbul FIR Sahasına ait 18 Nisan 2010 tarihine ait 4 numaralı SIGMET mesajına ve 19 Nisan 2010 tarihine ait 1 numaralı SIGMET mesajına ulaşılabilmektedir. Diğer SIGMET mesajlarına ulaşılamamıştır. Elde edilen İstanbul FIR Sahasına ait bu iki mesaj değerlendirilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: İstanbul FIR Sahasına ait 18 Nisan 2010 tarihli 4 numaralı ve 19 Nisan 2010 tarihli 1 numaralı

SIGMET mesajları

WSTU31 LTBA 182000

LTBB SIGMET 4 VALID 182000/190800 LTBA-LTBB İSTANBUL FIR VA ERUPTION MT EYJAFJALLAJOKULL LOC 63.38N 19.37W VA CONCENTRATIONS FCST NORTH OF AREA 41.19N 26.14E 41.19N 31.00E BTN FL100/FL300 DRIFT DIR E NC=WSTU31 LTBA 190030

LTBB SIGMET 1 VALID 190030/191230 LTBA-LTBB İSTANBUL FIR VA ERUPTION MT EYJAFJALLAJOKULL LOC 63.38N 19.37W VA CONCENTRATIONS FCST NORTH OF AREA 42.03N 29.45E 42.10N 31.00E BTN FL100/FL300 DRIFT DIR E WKN=

(VA: volcanic ash, MT:mountain, FSCT: forecast, BTN: between, FL: flight level, NC: no change, WKN:weaken)

18 Nisan 2010 20:00 UTC'de İstanbul FIR Sahası için Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi tarafından yapılan 4 numaralı SIGMET mesajına göre Trakya'nın kuzeyi ve Karadeniz'in güney batısı için uçuş seviyesi olarak 10.000 feet ile 30.000 feet arasında volkanik kül konsantrasyonunun olabileceği bildirilmiştir. Şekil 7, SIGMET mesajının yapıldığı saate en yakın ana sinoptik saatteki (18:00 UTC) genel durumu göstermekte olup yayınlanan bu SIGMET mesajına göre kırmızı çizginin üstü verilen seviyeler arasında uçuşlara kapatılmıştır. Şekil 7 ve Şekil 8 SIGMET mesajlarının görselliğini göstermek üzere yazarlar tarafından hazırlanmıştır.



Şekil 7: 18 Nisan 2010 tarihinde 18:00 UTC'de uçuşlara kapatılan alan (kırmızı çizginin üstü)

19 Nisan 2010 00:30 UTC'de İstanbul FIR Sahası için Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi tarafından yapılan 1 numaralı SIGMET mesajına göre Karadeniz'in güney batısı için uçuş seviyesi olarak 10.000 feet ile 30.000 feet arasında volkanik kül konsantrasyonunun olabileceği bildirilmiştir. Şekil 8 SIGMET mesajının yapıldığı saate en yakın ana sinoptik saatteki (00:00 UTC) genel durumu göstermektedir.



Şekil 8: 19 Nisan 2010 tarihinde 00:00 UTC'de uçuşlara kapatılan alan (kırmızı çizginin üstü)

4. Sonuçlar ve Öneri

Bu çalışmada 2010 ile 2015 yılları arasında meydana gelen yanardağ patlamalarının Türkiye FIR Sahaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. 5 yıllık periyotta Fransa'da bulunan "Volkanik Kül Tavsiye Merkezi" Toulouse'la koordineli çalışan Londra Volkanik Kül Tavsiye Merkezi tarafından hazırlanan "Volkanik Kül Grafikleri" kullanılmıştır. 5 yıllık periyotta sadece İzlanda'da bulunan Eyjafjallajökull Yanardağı'nın lav püskürtmesi sonucu; bu yanardağdan yayılan volkanik kül hüzmelerinin meteorolojik şartlarında etkisiyle Türkiye FIR Sahaları'nı etkilediği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; 18 Nisan 2010 06:00 UTC, 12:00 UTC, 18:00 UTC ve 19 Nisan 2010 00:00 UTC'de İstanbul ve Ankara FIR Sahaları'nın güney Karadeniz ile Türkiye'nin kuzey kesimlerinde volkanik kül konsantrasyonunun etkili olduğu görülmektedir. 21 Nisan 2010 18:00 UTC'de Trakya'nın kuzey batısında volkanik kül hüzmelerinin olduğu; 09 Mayıs 2010 18:00 UTC, 10 Mayıs 2010 00:00 UTC, 06:00 UTC, 18:00 UTC ve 11 Mayıs 2010 00:00 UTC'de Türkiye'nin batı, güney batısının, 10 Mayıs 12:00 UTC'de de Türkiye'nin batı, güney, güneydoğu ve doğu Anadolu'nun batısında etkili olduğu tespit edilmiştir. Eyjafjallajökull Yanardağı'nda meydana gelen volkanik patlamanın yol açtığı volkanik kül hüzmelerinin 18 Nisan 2010 (06:00 UTC, 12:00 UTC, 18:00 UTC), 19 Nisan 2010 (00:00 UTC), 21 Nisan 2010 (18:00 UTC), 09 Mayıs 2010 (18:00 UTC), 10 Mayıs 2010 (00:00 UTC, 06:00 UTC, 12:00 UTC, 18:00 UTC) ve 11 Mayıs 2010 (00:00 UTC) tarihlerini içeren 6 günde İstanbul FIR Sahası'nda; 18 Nisan 2010 (12:00 UTC, 18:00 UTC), 19 Nisan 2010 (00:00 UTC), 10 Mayıs 2010 (12:00 UTC, 18:00 UTC) ve 11 Mayıs 2010 (00:00 UTC) tarihlerini içeren 4 günde Ankara FIR Sahası'nı içerecek şekilde havacılık renk kodu kırmızı seviyesinde yer seviyesinden uçuş seviyesi 20.000 feet'e kadar Türkiye FIR Sahaları'nda etkili olmuştur.

Esenboğa ve Atatürk Uluslararası Havalimanları Meteoroloji Ofisleri tarafından hazırlanan SIGMET mesajlarının değerlendirilmesi sonucunda, sadece Atatürk Havalimanı Meteoroloji Gözlem Ofisi tarafından hazırlanan 18 Nisan 2010 tarihine ait 4 nolu SIGMET mesajına ve 19 Nisan 2010 tarihine ait 1 nolu SIGMET mesajına ulaşılabilmektedir. SIGMET mesajlarında sırasıyla Trakya'nın kuzeyi ve Karadeniz'in güney batısı, Karadeniz'in güney batısı uçuş seviyesi olarak 10.000 feet ile 30.000 feet arasındaki mesafeler SIGMET mesajlarının neticesi olarak uçuşlara kapatılmıştır.

İleride yapılacak çalışmalarda volkanik kül konsantrasyonlarının yayılımını içeren modeller kullanılarak

Eyjafjallajökull Yanardağı'nın neden olduğu volkanik kül hüzmelerinin Türkiye'deki FIR sahalarının hangi bölgesinde hangi uçuş seviyesinde daha etkili olduğu detaylı olarak araştırılabilir.

Teşekkür

Yazarlar, SIGMET verilerinin elde edilmesindeki desteklerinden dolayı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı İstanbul Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi'nin değerli personellerine teşekkür ederler. Ayrıca Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi'nin hakemlerinin yapmış oldukları öneri ve eleştirilerinden dolayı sağladıkları katkılar için de teşekkür ederler.

Bilgi

Bu çalışma 2015 yılında yapılan VII. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu'nda tartışılmış ve sempozyum kitabında yayınlanmıştır (Özdemir ve Deniz, 2015).

Kaynaklar

Annanurov, S., Deniz, A., Özdemir, E.T. 2014. İstanbul Fır Sahası İçin Sigmat ve Airmet Analizi. V. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, 8-10 Eylül 2014, Erciyes Üniversitesi, Kayseri. UHUK-2014-082.

AVO (Alaska Volcano Observatory) 2015. <http://www.avo.alaska.edu/color_codes.php>, alıntılanma tarihi: 19.03.2015.

Boeing 2000. Advances in Volcanic Ash Avoidance and Recovery: Aero Volume 9, p. 18-27. Boston 2014. <http://www.boston.com/bigpicture/2010/05/mount_st_helens_30_years_ago.html>, alıntılanma tarihi: 13.12.2014.

Casadevall, T. J. 1994. The 1989–1990 eruption of Redoubt Volcano, Alaska: impacts on aircraft operations. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 62(1), 301- 316.

Casadevall, T. J., Delos Reyes, P. J., & Schneider, D. J. 1996. The 1991 Pinatubo eruptions and their effects on aircraft operations. Fire and Mud: eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Philippines, 625-636.

Chen, W. R., & Zhao, L. R. 2015. Review–Volcanic ash and its influence on aircraft engine components. Procedia Engineering, 99, 795-803.

Dunn, M. G., Wade, D. P. 1994. Influence of Volcanic Ash Clouds on Gas Turbine Engines, in Casadevall, T. J. (ed.). "Volcanic Ash and Aviation Safety - Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety" U.S. Geological Survey Bulletin 2047, p. 107-118.

Eur Sigmat Guide 2007. ICAO Eur Doc 014 (third edition).Eurocontrol 2015. <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/field_tabs/content/documents/nm/cartography/09012014-firuir-lower-airspace-ectl.pdf>, alıntılanma tarihi: 01.03.2015.

Holasek, R. E., Woods, A. W. & Self, S. 1996. Experiments on gas-ash separation processes in volcanic umbrella plumes. Journal of volcanology and geothermal research, 70(3), 169-181.

ICAO (International Civil Aviation Organization) 2001. Manual on Volcanic Ash, Radioactive Material, and Toxic Chemical Clouds: Doc 9691-AN/954.

ICAO (International Civil Aviation Organization), Annex 2013. "Annex3– Meteorological Service For International Air Navigation" Eighteenth Edition, July 2013.

Meteo France 2015. <<http://www.meteo.fr/vaac/>>, alıntılanma tarihi: 01.03.2015.

Meteoroloji 1999. 2. Ana Jet Üs/Uçuş Eğitim Merkezi Komutanlığı Yayınları No:6, Aralık 1999, sa: 229-233.MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), Havacılık Meteorolojisi 2010. Havacılık Meteorolojisi Kitabı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayınları.

MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) Sigmat Gamet İhbar Eğitimi 2014. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Sigmat Gamet İhbar Eğitimi, 2014, 24-28 Şubat 2014, Antalya,5-6, 14-15.

Özdemir, E.T., Deniz, A. 2015. Yanardağ Patlamalarının Türkiye'deki Fır Sahaları Üzerine Etkisi. VII. Atmospheric Science Symposium, April 28-30, 2015, İstanbul, Turkey. Bildiri Kitabı, Cilt: 1, sa: 393-404, ISBN: 978-975-561-461-8.

Prata, A. J. 2009. Satellite detection of hazardous volcanic clouds and the risk to global air traffic. Natural hazards, 51(2), 303-324.

Schmidt, A., Leadbetter, S., Theys, N., Carboni, E., Witham, C. S., Stevenson, J. A., ... & Shepherd, J. 2015. Satellite detection, long-range transport, and air quality impacts of volcanic sulfur dioxide from the 2014– 2015 flood lava eruption at Bárðarbunga (Iceland). Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 120(18), 9739-9757.

Scollo, S., Boselli, A., Coltelli, M., Leto, G., Pisani, G., Prestifilippo, M., ... & Wang, X. 2015. Volcanic ash concentration during the 12 August 2011 Etna eruption. Geophysical Research Letters, 42(8), 2634- 2641.

USGS (United States Geological Survey) 2015. <<http://www.usgs.gov/>>, alıntılanma tarihi: 19.03.2015.VAAC (Volcanic Ash Advisory Centre), London 2015. <<http://www.metoffice.gov.uk/aviation/vaac/vaacukvag.html>>, alıntılanma tarihi: 01.03.2015.

Volcanoes 2014. <<http://volcanoes.usgs.gov/ash/trans/#aircraft>>, alıntılanma tarihi: 13.12.2014.

Warwingsart 2014. <<http://www.warwingsart.com/12thAirForce/Vesuvius.html>>, alıntılanma tarihi: 13.12.2014.

Wikipedia 2014. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Vez%C3%BCv_Yanarda%C4%9F%C4%B1>, <http://en.wikipedia.org/wiki/Mount_St_Helens>, alıntılanma tarihi: 13.12.2014.

Wikipedia 2015. <<http://tr.wikipedia.org/wiki/Eyjafjallaj%C3%B6kull>>, alıntılanma tarihi: 21.03.2015.



Avrupa Bölgesi için Kaza-Kırım Raporlarının İncelenmesi

Veli YAVUZ^{*1}, Caner TEMİZ¹, E. Tuncay ÖZDEMİR^{1,2}, Ali DENİZ¹

¹Istanbul Technical University, Aeronautics and Astronautics Faculty, Department of Meteorology, Maslak, 34469, Istanbul

²General Directorate of Meteorology, Atatürk Airport Meteorology Office, Yeşilköy, Istanbul, Turkey

(Gönderilme tarihi: 5 Ekim 2015, kabul tarihi 6 Aralık 2015)

Özet

Günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte, birçok alanda insan yaşamını kolaylaştıracak yenilikler süregelmektedir. Özellikle ulaşım alanında, havacılık sektörü bu gelişmelerle birlikte kısa sürede dünya genelinde çok fazla sayıda yolcu taşıma kapasitesine ulaşmıştır. Tabii ki bu gelişmeler ve yenilikler birtakım olumsuzlukların tamamen ortadan kalkması için yeterli olmamaktadır. Bu çalışmada havacılık sektöründe yaşanan kaza ve uçuşu engelleyici olaylar (kaza-kırım), Avrupa Birliği'ne üye ülkeler (28 ülke) ve aday ülkeler (5 ülke) için 2005-2014 yılları arasında (10 yıllık bir periyot dahilinde) detaylı bir şekilde incelenmiştir. Aviation Safety Network sitesinden elde edilen bilgiler dahilinde yapılan bu incelemede, kaza-kırımların genellikle pilotaj hataları, teknik sorunlar, kule iletişim sorunları ve meteoroloji gibi konu başlıkları altında sınıflandırılabilceği görülmüştür. Bu hususta çalışmanın devamında Avrupa bölgesi için bu periyotta meydana gelen kaza-kırımlar istatistiksel olarak ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. İncelenen 193 vakada kaza-kırım sebep faktörlerinin yüzdesi; teknik % 40, pilotaj % 31, meteoroloji % 15, yangın % 6, yolcu kaynaklı % 4, kule % 2 ve diğer sebepler % 2 olarak bulunmuştur. Ayrıca 10 yıllık periyotta toplamda 527 kişi hayatını kaybetmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaza-kırım, hava ulaşımı, Avrupa bölgesi, ASN

Investigation of Accident Incident In-Flight Reports for The European Region

Abstract

Together with the fast evolving technology, innovation in many areas to facilitate human life is ongoing. Especially in the field of transportation, aviation sector has reached a large number of passenger-carrying capacity with these developments throughout the world in a short time. Of course, these developments and innovations are not sufficient to completely disappearance of some negativity. In this study, aviation accidents and flight blocker events (incident in-flight) were examined in detail for The European Union member countries (28 countries) and the candidate countries (5 countries) to between the years 2005 to 2014 (within a 10 year period). In this examination on the information obtained from the site of Aviation Safety Network, aviation accidents and flight blocker events can be classified under headings such as pilot errors, technical problems, communication problems with tower and pilot and meteorology. In this regard, within this period for the European region in further study, accidents and flight broker events evaluated. The percentage of accidents and flight broker event factors for 193 cases was found; technical problems 40 %, pilot errors 31 %, meteorology 15 %, fire 6 %, passengers originating 4 %, communication problems with tower 2 %, other reasons 2 %. In addition, 527 people lost their lives in this 10-year period.

Keywords: Accident-flight broker events, air transportation, European region, ASN

1. Giriş

Havacılık sektörünün yaygınlaşması, insanların refah seviyelerinin yükselmesi ve teknolojinin gelişmesiyle paralellik göstermektedir. Günümüzde en güvenilir ulaşım türlerinin başında gelen hava yolu ulaşımında sivil havacılığın yaygınlaşmasıyla beraber bazıları küçük bazıları da büyük çapta olmak üzere birçok kaza meydana gelmektedir. Bunların haricinde hava yolu ulaşımını etkileyen tek parametre uçak kazaları değildir. Aynı zamanda kırım (uçuşu engelleyici durumlar) olayları da havacılık sektöründe görülen en önemli aksaklıkların başında gelmektedir. Geçmişten günümüze her uçak kazasından sonra havacılık sektöründeki güvenlik önlemleri sürekli arttırılmıştır. Bu sayede gerçekleşen kazalardan ders çıkarıp kendisini bir adım daha geliştiren havacılık sektörü günümüzde en güvenilir ulaşım türü olmaya devam etmektedir (NATGEO, 2015).

Hava yolu ulaşımında görülen hemen hemen tüm kaza- kırım raporları, Havacılık Güvenlik Ağı (ASN-Aviation Safety Network) üzerinden tüm dünyanın erişimine sunulmuştur. Bu Ağ, 1921'den günümüze kadar olan 15000'in üzerindeki kaza raporlarını bünyesinde barındırmaktadır. Ayrıca uçak kaçırma girişimi ve diğer olaylarla ilgili 3000'in üzerinde de kırım raporu da sitenin bünyesinde yer almaktadır (ASN, 2015). Kaza-kırım olayları ile ilgili olarak Pearson'ın Amerika için 1995-2000 yılları arasında yaptığı çalışmada uçak kazalarında hayatını kaybedenlerin sayısı 4018 kişi olarak bulunmuştur, ve bunlardan 1380 ölümün meteorolojik kaynaklı uçak kazaları sonucunda meydana geldiği belirlenmiştir (Pearson, D.C., 2002). Wang Lei ve Jin Huibin'in yaptığı diğer bir çalışmada 1981-2008 yılları arasında Çin'de meydana gelen 21 sivil uçak kazası analiz edilmiştir. Bu çalışmada incelenen kazaların % 61.9'unun pilotaj kaynaklı meydana geldiği bulunmuştur (Lei, W. ve Huibin, J., 2008). Son olarak Masys'in havacılıkta meydana gelen kazalarla ilgili yaptığı çalışmada, düzenlenen anketlerin sonucunda pilotaj kaynaklı kazaların oranı % 70 olarak bulunmuştur (Masys, A.J., 2004).

Yapılan bu çalışmada Avrupa Birliği'ne üye ülkeler (28 ülke) ve aday ülkeler (5 ülke) için 2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza ve kırım olayları, Havacılık Güvenlik Ağı raporları temel alınarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. İncelemelerde kaynak olarak kullanılan Havacılık Güvenlik Ağı (ASN-Aviation Safety Network), Harro Ranter tarafından 1996 yılında ilk olarak "Aviation Safety Wep Pages" olarak bulunmuştur. Fabian I. Juan, ASN'ye 1998 yılında raporları düzenlemede yardımcı olmak için asistan olarak katılmıştır. Daha sonra 1999 yılında website'nin ismi bugün ki son hali olan "Aviation Safety Network" adını almıştır (Wikipedia, 2015). Bu siteden elde edilen bilgiler dahilinde, çalışmada kaza-kırım vakalarının hangi ülkede ne kadar sayıda meydana geldiği incelenmiştir. Sonrasında aylık-yıllık bazda tüm ülkeler için analizler yapılmış olup, kaza-kırım sebep faktörleri sınıflandırılmıştır. Toplam kaza-kırım sayılarının ve ölüm sayılarının çıkartılmasının ardından meteoroloji ile alakalı olarak ele alınan örnek vaka incelemesi ile çalışma sonlandırılmıştır.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada Avrupa Birliği'ne üye ülkeler (28 ülke) ve aday ülkeler (5 ülke) için 2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza ve kırım, Havacılık Güvenlik Ağı raporları temel alınarak incelenmiştir. Analiz edilen vakalardaki uçak türleri; yolcu uçağı, askeri uçak, kargo uçağı, özel uçak, gösteri uçağı,

ambulans uçak, paraşüt uçağı, eğitim uçağı, araştırma uçağı, yangın söndürme uçağıdır. Öncelikle ele alınan tüm ülkeler için aylık ve yıllık bazda meydana gelen toplam kaza-kırım sayıları hesaplanıp, trend analizi yapılmıştır. Sonrasında meydana gelen ölümcül olan kazalar aylık ve yıllık bazda analiz edilmiştir. Daha sonra meydana gelen kaza-kırımların nedenleri tespit edilip bir sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan bu sınıflandırmada, meteoroloji kaynaklı kaza-kırım olaylarından birisi detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Ayrıca meteoroloji kaynaklı meydana gelen toplam ölüm sayısı analiz edilmiş olup, bunun yanı sıra meydana gelen kaza-kırım olaylarının hangi meteorolojik hadise sonucunda meydana geldikleri incelenmiştir.

İncelenen 193 vaka içerisinde her bir uçak için ayrı ayrı inceleme yapılmıştır. Belçika'da uçak hangarında meydana gelen yangın sonucunda hasar gören 3 uçak için de 3 ayrı inceleme yapılmıştır. Ayrıca kaza sebebinin tam olarak raporlarda belirtilmediği 4 kaza-kırım olayı diğer kategorisinde yer almaktadır.

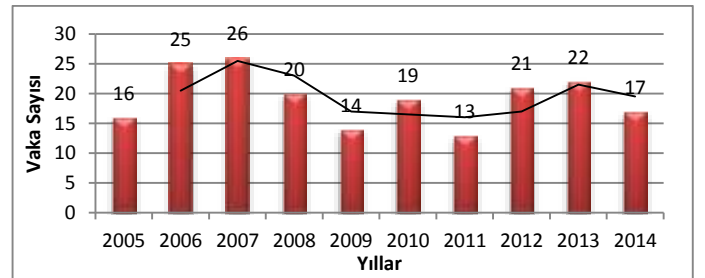
3. Analiz Sonuçları

İlk olarak bu bölümde 2005-2014 yılları arasında incelenen 193 vakanın hangi ülkede ne kadar sayıda meydana geldiği belirlenmiştir. Tablo 1'de ülke bazında 10 yıllık periyotta meydana gelen kaza-kırım sayıları yer almaktadır.

Tablo 1. 2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza-kırım toplam sayıları, Ülke Vaka Sayısı Ülke Vaka Sayısı Ülke Vaka Sayısı

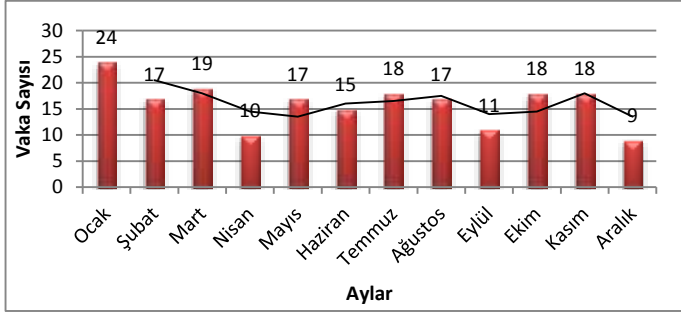
Almanya	23	Hollanda	6	Polonya	10
Avusturya	2	İrlanda	5	Portekiz	3
Belçika	6	İspanya	14	Romanya	12
Birleşik Krallık	27	İsveç	3	Slovakya	1
Bulgaristan	1	İtalya	19	Slovenya	1
Çek Cumhuriyeti	3	Kıbrıs	0	Yunanistan	4
Danimarka	6	Letonya	0	Türkiye	13
Estonya	4	Litvanya	1	İzlanda	2
Finlandiya	2	Lüksemburg	1	Makedonya	0
Fransa	18	Macaristan	4	Sırbistan	0
Hırvatistan	2	Malta	0	Karadağ	0

Diğer bir analizde 33 ülkenin tamamında meydana gelen kaza-kırım olayları aylık ve yıllık bazda incelenmiştir. Şekil 1'de, kaza-kırım raporlarının yıllık analizi yer almaktadır. Kaza olayları ve uçuşu engelleyici olaylar olarak bilinen kırım raporlarının toplam yıllık istatistiki bilgilerinin yer aldığı şekilde de görüldüğü üzere 10 yıllık periyot dahilinde meydana gelen vaka sayısı 2006 yılında 25 ve 2007 yılında 26 vaka sayılarıyla pik değerlere ulaşmaktadır.



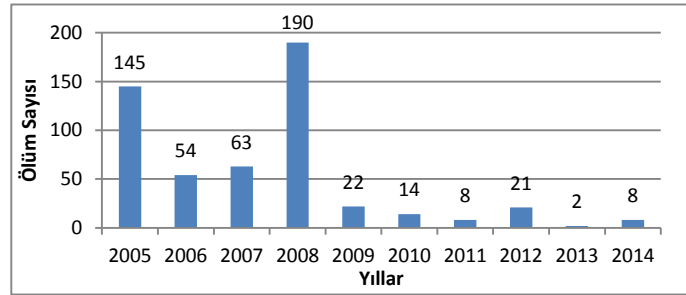
Şekil 1. 2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza-kırım olaylarının yıllık analizi

Vaka sayısının en çok olduğu ay ocak ayı, en az olduğu aylar ise nisan ve aralık ayları olarak görülmektedir (Şekil 2).



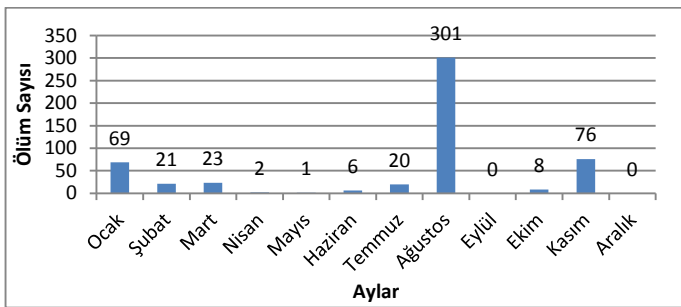
Şekil 2. 2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza-kırım olaylarının aylık analizi

Şekil 3’de, meydana gelen kaza olayları sonucunda ne kadar ölüm sayısı olduğu yıllık bazda incelenmiştir. 2005 ve 2008 yılları arasında pik değerlere ulaşan ölüm sayıları 2009-2014 yılları arasında ise düşük seviyede gözlenmektedir. Pik değerler gözlenen her iki yılda da meydana gelen ölüm sayılarındaki anormal artışın nedeni 2005 ve 2008 yılları ağustos aylarında meydana gelen 2 büyük kazadan kaynaklanmaktadır. 2005 yılında meydana gelen ve pilotaj hatası kaynaklı kazada 115’i yolcu ve 6’sı personel olmak üzere toplamda 121 kişi hayatını kaybetmiştir. 2008 yılında meydana gelen kazada ise yine pilotaj hatası kaynaklı kazada 148’i yolcu ve 6’sı personel olmak üzere toplamda 154 kişi hayatını kaybetmiştir.



Şekil 3. 2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza olaylarının yıllık ölüm sayısı

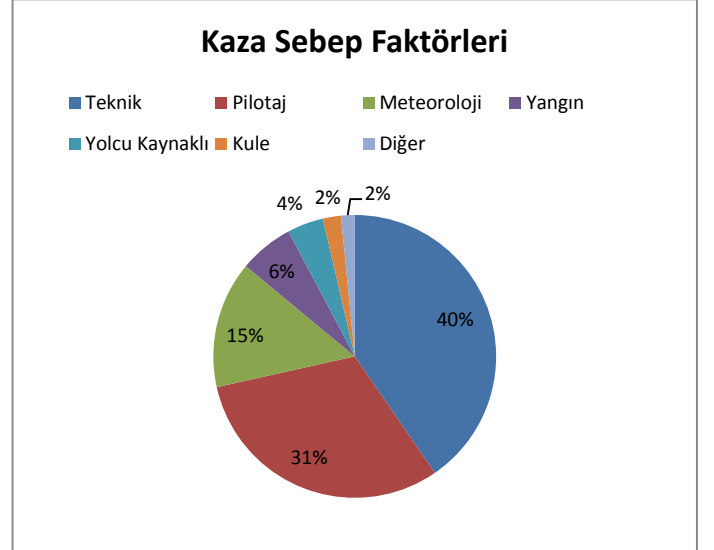
Şekil 4’de, ölümlü kaza olaylarının sonucunda meydana gelen ölüm sayıları aylık bazda istatistiki olarak incelenmiştir. Ağustos ayında gözlenen ölüm sayısının çok yüksek olmasının sebebi yine 2005 ve 2008 yıllarında gözlenen iki önemli uçak kazasının sonucudur.



Şekil 4. 2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza olaylarının aylık ölüm sayısı

3.1. Kaza-Kırım Olaylarına Neden Olan Parametrelerin Sınıflandırılması

2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza-kırım raporlarının Avrupa Birliği’ne üye ve aday ülkeler için incelendiği bu çalışmada 10 yıllık süreçte toplamda 193 adet vaka incelemesi yapılmıştır. Daha sonra bu vakalar genel bir çerçevede 7 ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Pilotaj, Teknik, Meteoroloji, Yangın, Yolcu Kaynaklı, Kule ve Diğer olarak yapılan sınıflandırma sonucunda meydana gelen vakaların hangi sebeple oluştuğu istatistiki olarak irdelenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. 2005-2014 yılları arasında meydana gelen kaza-kırım olaylarının sebep faktörlerinin dağılımı

Şekil 5’de, kaza-kırım raporlarından hareketle incelenen 193 vaka için kaza sebep faktörleri sınıflandırılmıştır. Meydana gelen kaza-kırımların genel olarak Teknik ve Pilotaj kaynaklı olduğu görülmektedir. Meteoroloji kaynaklı kaza-kırımlar ise 3. sırada yer almaktadır. Ayrıca 2 büyük ölümlü kaza sonucunda toplamda 275 yolcu hayatını kaybetmiştir. Bu büyük kazalarda ve kaza-kırımların önemli bir bölümünde pilotaj kaynaklı olanların önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Ayrıca kaza-kırım olaylarının yine büyük bir nedeni teknik kaynaklı olarak cereyan etmektedir. Meteoroloji kaynaklı kaza-kırım olayları sonucunda toplamda 14 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu olaylarda genel olarak sis hadisesi başta olmak üzere buzlanma, türbülans, ekstremler rüzgar şiddetleri ve diğer olumsuz hava koşulları bu kaza-kırımların oluşmasına neden olmuştur. Bununla ilgili olarak meteoroloji kaynaklı kaza-kırım olaylarından biri olan ve toplamda 3 kişinin hayatını kaybettiği 30 Ekim 2005 tarihinde meydana gelen vaka için meteorolojik analiz yapılmıştır.

3.2. Meteoroloji Kaynaklı Örnek Kaza İncelemesi

30 Ekim 2005 tarihinde [Let L-410UVP-E19A](#) tipi kargo uçağı, Bergamo-Orio Al Serio Havalimanı’ndan Zagreb-Pleso Havalimanı’na gitmek için havalandıktan kısa bir süre sonra düştü ve parçalandı. Meydana gelen bu kazada 2 personel ve 1 yolcu hayatını kaybetti. (ASN, 2015)



Şekil 6: Let L-410UVP-E19A tipi kargo uçağı ve uçuş rotası [ASN, 2015]

3.2.1. Kazanın meydana geldiği zaman aralığı için metar raporları

- 20:50 UTC / 21:50 local time:
LIME 302050Z 13005KT 0300 R28/0550D FG
BKN001 11/10 Q1023=

130 dereceden 5 knot rüzgar, 300 metre görüş mesafesi, 28 no'lu pistte 550 metre görüş alanı ve sisle beraber azalıyor, bulut kapalılığı 100 feet'te (30.48 metre) 8'de 5-7 arası (broken), aktüel sıcaklık 11°C ve çığ noktası sıcaklığı 10°C, ortalama deniz seviyesindeki atmosfer basıncı değeri 1023 hPa'dır.

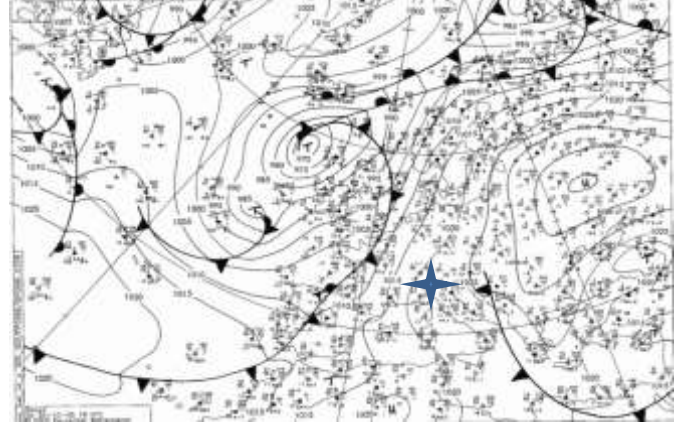
- 21:20 UTC / 22:20 local time:
LIME 302120Z 14004KT 0200 R28/0350N FG
BKN001 11/10 Q1023=

140 dereceden 4 knot rüzgar, 200 metre görüş mesafesi, 28 no'lu pistte 350 metre görüş alanı ve sisle beraber azalıyor, bulut kapalılığı 100 feet'te (30.48 metre) 8'de 5-7 arası (broken), aktüel sıcaklık 11°C ve çığ noktası sıcaklığı 10°C, ortalama deniz seviyesindeki atmosfer basıncı değeri 1023 hPa'dır.

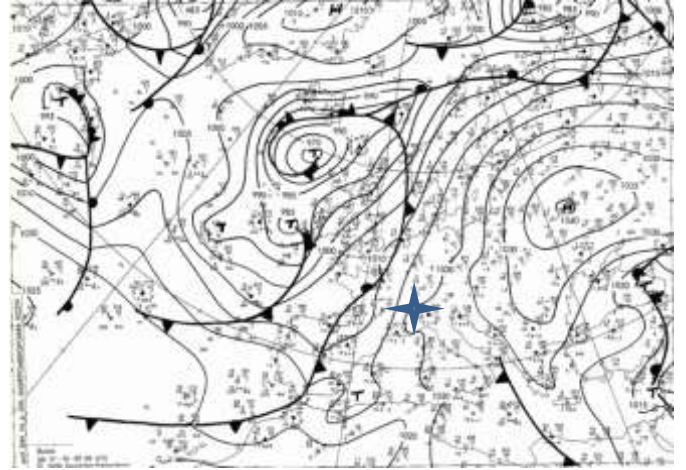
3.2.2. Kazanın sinoptik açıdan incelenmesi

Görüş mesafesi açısından büyük öneme sahip olan sis, yatay görüşün 1000 metrenin altına düştüğü durumlar için tanımlanır. Ayrıca 200 metrenin altına düşen görüş mesafesi için yoğun sis tanımı kullanılır. Sisin oluşum mekanizması basit olarak, yerin yeteri derecede soğuk olması ve yer ile temas halinde bulunan havanın soğuması sonucunda yoğunlaşma ile beraber su buharının gözle görülebilir bir hal alması durumudur (Çöleri, M. ve Diğerleri, 2005).

Metar raporlarında kazanın meydana geldiği saat için (22:05) seçilen metar raporlarında görüş mesafesinin sisten dolayı ilk olarak 550 metre daha sonra 350 metreye kadar düştüğü ve düşmeye devam ettiği rapor edildi. Bu da kaza anındaki sisin hemen hemen yoğun bir sis olduğunu göstermektedir. Şekil 7'de kazanın meydana geldiği saat aralıkları için yer kartları ve Şekil 8'de 850 mb seviyesi jeopotansiyel yükseklik bilgisini içeren kartlar verilmiştir.

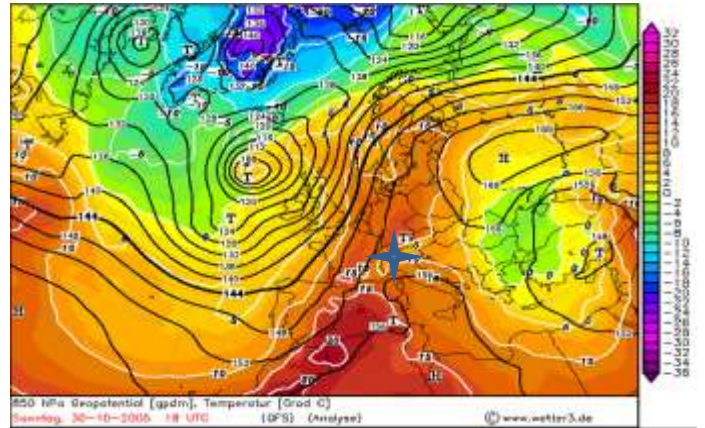


Şekil 7(a). 30 Ekim 2005 18:00 UTC, Yer kartı [Wetter3.de, 2015]

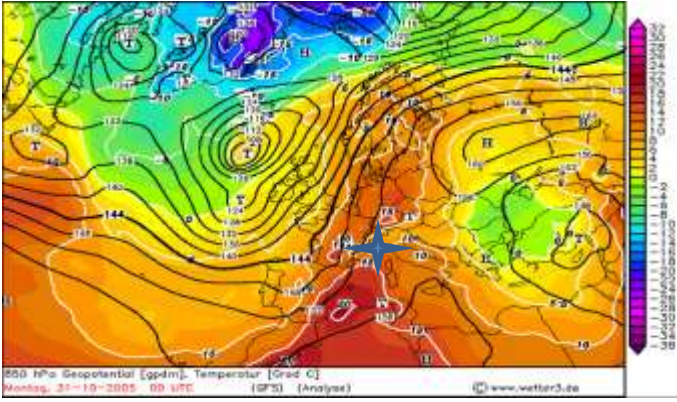


Şekil 7(b). 31 Ekim 2005 00:00 UTC, Yer kartı [Wetter3.de, 2015]

Şekil 7'de verilen kartlarda görüldüğü üzere yıldız ile işaretli bölge, uçağın kalktıktan hemen sonra düştüğü bölgeye en yakın alanı göstermektedir. Bu bölgenin İzlanda Alçak Basınç Merkezi, Azor Yüksek Basınç Merkezi, Arabistan Alçak Basınç Merkezi ve Sibirya Yüksek Basınç Merkezi'nin arasında boyun noktasında bulunduğu görülmektedir. Boyun noktasının olduğu yerlerin rüzgar koşullarını temsil etmektedir (Yavuz, V., 2014).

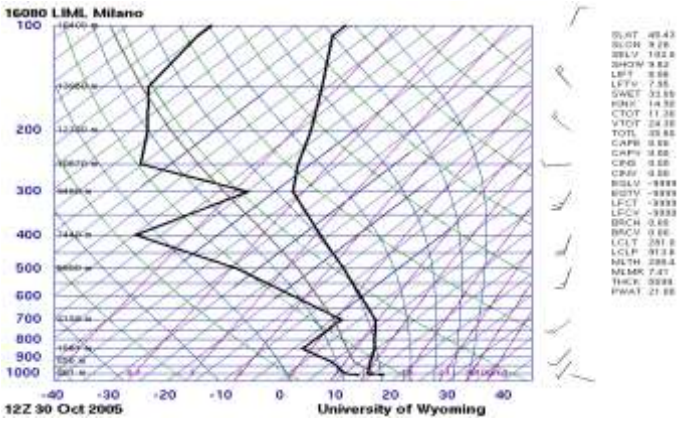


Şekil 8(a). 30 Ekim 2005 18:00 UTC, 850 mb jeopotansiyel kartı [Wetter3.de, 2015]

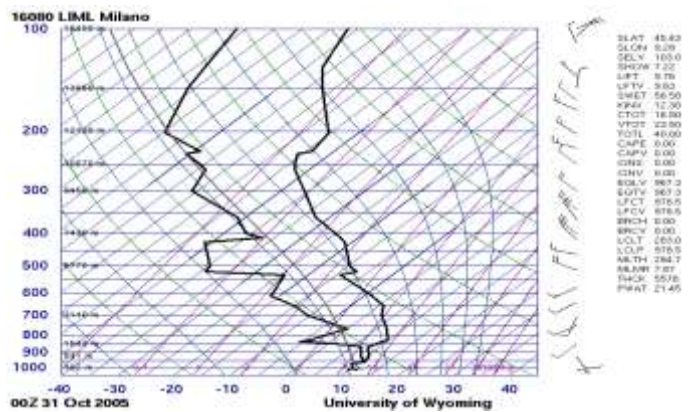


Şekil 8(b). 31Ekim 2005 00:00 UTC, 850 mb jeopotansiyel kartı [Wetter3.de, 2015]

Şekil 8'de verilen kartlarda yıldız ile işaretli bölge 10°C ve 15°C izotermi arasında yer almaktadır, ve bu izotermi bölgenin kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanmaktadır. Ayrıca sakin rüzgar koşullarını temsil eden yüksek basınç merkezi Rusya üzerinde bulunmakta olup, 1560m'lik kontur değeri işaretli bölge üzerinden geçmektedir.



Şekil 9a). Kazanın meydana geldiği havalimanına en yakın istasyondan elde edilen Skew-T Diyagramı (30 Ekim 2005, 12:00UTC)[Wyoming, 2015]



Şekil 9(b). Kazanın meydana geldiği havalimanına en yakın istasyondan elde edilen Skew-T Diyagramı (31 Ekim 2005, 00:00UTC)[Wyoming, 2015]

Şekil 9'da, kazanın meydana geldiği havalimanına en yakın istasyon için oluşturulan Skew-T diyagramı verilmiştir. Kazanın meydana geldiği akşam saatleri için 00:00Z (31 Ekim) sağ tarafta yer alan diyagrama bakıldığında yer seviyesinden 950 hpa seviyelerine kadar sıcaklığın atmosfer sütünü boyunca düşey durumunu ifade eden çizgi ile yoğunlaşma noktasının düşey atmosfer boyunca durumunu ifade eden çizgiler üst üste

gelmiştir. Bunun anlamı yerden itibaren yoğun bir sis olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde yer seviyesinde görülen 5 knot ve altı rüzgar şiddetleri de sisi dağıtmak için yeterli olamamaktadır.

Şekil 9'dan hareketle indeks değerlerine baktığımızda Lifted indeksi sağ taraftaki şekil için 9,76'dır. Bu değer kararlı havayı temsil etmektedir. Aynı şekilde K indeksi sağ taraftaki şekil için 12,3'dür. Bu değer de konveksiyonel bir hareketin olmadığını temsil etmektedir (The Weather Prediction, 2015).

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada kaza-kırım olayları ile ilgili olarak yıllık bazda düzenli bir değişim görülmemektedir. Genel olarak kaza-kırım vaka sayılarının ülke bazında incelenmesi sonucunda 27 toplam vaka sayısı ile Birleşik Krallık ilk sırada yer alırken, Kıbrıs, Letonya, Malta, Makedonya, Sırbistan, Karadağ gibi ülkelerde bu periyot dahilinde kaza-kırım yaşanmamıştır. Aylık bazda yer alan değerlendirmede Ocak ayında gözlenen kaza-kırım vakalarının % 33,3'ü meteoroloji kaynaklıdır. Şubat-Mart ve Ekim-Kasım aylarında da meteoroloji kaynaklı kaza-kırımlar toplam vakaların % 15-% 20'sini oluşturmaktadır. 2005-2014 yılları arasında meteoroloji kaynaklı kazalar sonucunda toplam 14 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu sayı ele alınan periyot dahilindeki toplam ölüm sayılarının % 2,6'sını oluşturmaktadır. Meteoroloji kaynaklı meydana gelen kazaların çoğunu görüş mesafesini etkileyen "sis" oluşturmaktadır. Ayrıca diğer meteoroloji kaynaklı kaza-kırımlar ise şiddetli rüzgarlar, türbülans ve buzlanma bazlı meydana gelmiştir.

Bilgi

Bu makale ATMOS2015 Sempozyumu'nda tartışılmış ve tamamı sempozyum kitapçığında yayınlanmıştır (Yavuz *et al.*, 2015).

Referanslar

- ASN, 2015. Aviation Safety Network. *Air Safety Reports*. <<http://aviation-safety.net/database/country/>>, Erişim tarihi: 08.02.2015
- Çöleri, M., Yayvan, M., Deniz, A., Turgut, Ü., Eryılmaz, A., Geçer, C., Güser, A., 2005. Hava Analiz ve Tahmin Tekniği, Ankara
- Lei, W. ve Huibin, J., 2008. Aviation accident causing-analysis and prevention strategy on organizational level. Masys, A.J., 2004. Aviation accident aetiology: catastrophe theory perspective
- NATGEO, 2015. National Geographic. *Uçak Kazası Raporu*. <<http://natgeotv.com/tr/ucak-kazasi-raporu>>, Erişim tarihi: 08.02.2015
- Pearson, D.C., 2002. A Study of Weather-Related Fatal Aviation Accidents, VFR Flight Not Recommended, <<http://www.srh.noaa.gov/topics/attach/html/ssd02-18.htm>>, Erişim tarihi: 10.02.2015
- The Weather Prediction, 2015. Interpretation of Skew-T Indices. <<http://www.theweatherprediction.com/thermo/interpret/>>, Erişim tarihi: 17.02.2015
- Wetter3.de, 2015. Synoptic Charts, <<http://www1.wetter3.de/>>, Erişim tarihi: 13.02.2015
- Wikipedia, 2015. Aviation Safety Network, <http://en.wikipedia.org/wiki/Aviation_Safety_Network>, Erişim tarihi: 11.02.2015

- Wyoming, 2015.** Weather Information for US Cities.
<<http://weather.uwyo.edu/cities/>>, Erişim tarihi: 15.02.2015
- Yavuz, V., 2014.** Bitirme alışması: Rüzgar Türbin Performansında Meteorolojik Parametrelerin Etkileri, Syf:57
- Yavuz, V., Temiz C., Özdemir, E.T., Deniz, A., 2015.**
“Avrupa Bölgesi için Kaza-Kırım Raporlarının İncelenmesi”,
VII. Atmospheric Science Symposium, April 28-30, 2015,
İstanbul, Turkey. Bildiri Kitabı, Cilt: 1, syf: 334-441, ISBN:
978-975-561-461-8.



Gıda Biyoteknolojisi ve Biyoproseslerinde Yeni Gelişmeler

Salih Karasu^{1*}, Muhammed Zeki Durak¹ ve Ömer Said Toker¹

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Davutpaşa Kampüsü, 34210, Esenler, İstanbul, Türkiye

Özet

Canlı hücrelerin kendilerinin ya da onlardan çeşitli yollarla elde edilen komponentlerin kullanıldığı işlemlere biyoproses denilmektedir. Biyoproses ve biyoteknoloji, birbiri ile sıkı ilişkisi olan 2 alan olup biyoteknolojik yöntemlerle sağlanan yenilikler doğrudan gıda biyoproseslerinde uygulanabilmektedir. Arzu edilmeyen mikroorganizmaları, toksinleri ve diğer kontaminantları algılayarak tespit eden nano ölçekteki sensörler gıda kalite kontrolü ve güvenliğinin sağlanmasında gittikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Mikroorganizmalardan üretilen enzimler, günümüzde büyük ölçüde bitkisel ve hayvansal kaynaklardan üretilen ticari enzim preparatlarının yerini almıştır. Genetik yapıları modifiye edilerek mikroorganizmalar; bakteriyosinler, enzimler, organik asitler gibi birçok ticari katkı maddesinin ve gıda bileşeninin üretiminde gittikçe artan oranlarda kullanılmaktadır. Sonuç olarak, gelecekte gıda biyoproseslerinde ve biyoteknolojide gelişmelerin devam edeceği ve daha fazla uygulama alanına sahip olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gıda biyoprosesi, biyoteknoloji, nanosensörler, rekombinant mikroorganizmalar

New Advances in Food Biotechnology and Bioprocessing

Bioprocess is defined as the process where alive cells themselves or their components are utilized. Bioprocess and biotechnology are two areas that are closely associated with each other and new advances provided by biotechnological methods can be used directly in food bioprocessing. Nano scale sensors that can detect undesirable microorganisms, their toxins or other contaminants have been finding increasing field of application for ensuring food quality control and food safety. Enzymes produced from microorganisms have largely substituted with commercial animal and plant based enzyme preparations. Genetically modified microorganisms have been used increasingly in the production of a number of food additives and ingredients including bacteriocins, enzymes and organic acids. In conclusion, it is thought that developments will be continue in the area of food bioprocessing and biotechnology and they will have larger application fields in the future.

Keywords: Food bioprocessing, biotechnology, nanosensors, recombinant microorganisms

1. Giriş

Biyoproses ya da biyoteknoloji; arzu edilen ürünlerin elde edilmesi amacıyla canlı hücrelerin kendisini ya da onların çeşitli aktif komponentlerinin kullanıldığı spesifik prosesler olarak tanımlanmaktadır. Biyoproses işlemlerinde mikroorganizma, hayvan ve bitki hücrelerinin yanı sıra enzim gibi hücre materyalleri yeni ürünlerin üretimi ya da zararlı atıkların imha edilmesinde kullanılmaktadır. Biyoproses yoluyla gıda, kimya ve ilaç endüstrisinde çok sayıda ürün elde edilebilmektedir (Doran, 2012). Gıda endüstrisinde fırın ürünleri, şekerlemeler ve meyve suları gibi çok çeşitli alanlarda biyoproseslerden uzun yıllardan beri yararlanılmaktadır. Bununla birlikte nanoteknolojideki ve biyoteknolojideki yeni gelişmeler, biosensörlerin geliştirilmesi, enzimlerin saflaştırılarak kullanım alanlarının artırılması gibi birçok yenilik sayesinde biyoproseslerin gıda bilimi ve teknolojisindeki kullanım ve çeşitliliği önemli ölçüde artmıştır.

Bu derleme çalışmasında, yeni gelişmeler ışığında biyoteknoloji ve biyoproseslerin gıda bilim ve teknolojisindeki kapsamındaki kullanım olanakları üzerinde bilgiler aktarılacaktır.

2. Gıda Kalite Kontrolü ve Nanosensörler

Nanoteknoloji genellikle 10^{-9} m boyutundaki materyallerin, aygıtların ve sistemlerin tasarımı, üretimi ve uygulamalarını kapsayan bilim dalı olarak tanımlanmaktadır. Uluslararası ölçekte yaygın olarak herhangi bir kesiti 100 nm altında olan materyaller nano ölçekli olarak kabul edilmektedir. Gıda proseslerinde, örneğin depolama, kalite kontrol, gıda işleme ve gıda ambalajlama gibi birçok alanda nanoteknolojinin sayısız potansiyel uygulama alanı bulunmaktadır. Dolayısıyla ülkelerin nanoteknolojiye ayırdıkları bütçeler yıldan yıla artmaktadır.

* İletişim bilgileri: Tel: 212 383 45 84, Fax: 212 383 45 71, eposta: skarasu@yildiz.edu.tr

Tüketicilerin güvenilir ve üstün özellikli ürünleri tercih etmeleri, devletlerin ise gıda hijyen ve güvenliğini sağlamak amacıyla sıkı tedbir ve düzenlemeler yapmaları nedeniyle gıda biyoproses endüstrisinde kalite güvenliği oldukça önem arz etmektedir. Nanosensörler; mikroorganizmaları, toksinleri ve diğer kontaminantları takip ederek onları tespit eden, yakalayan ve böylece gıdalarda kalite güvenliğini sağlayan aygıtlardır. Ambalaj materyaline yerleştirilerek ambalaj içerisinde yer alan gıdanın tüketime kadarki kalitesini takip eden düşük maliyetli nanosensörler de geliştirilmiştir (Neethirajan ve Jayas, 2011). Konvansiyonel moleküler tanı teknikleri tüm dünyada laboratuvar boyutunda patojenik ajanları ve diğer zararlı maddeleri tanımlamakta yüksek hassasiyetle ve tekrarlanabilir olarak kullanılabilir. Bununla birlikte bunların birçoğunun alanda ve endüstride kullanımları söz konusu değildir (Merkoci, 2010). Bunlar düşünüldüğünde yeni geliştirilen nanosensörler birçok avantaja sahiptir. Bunlar arasında hedef maddeye oldukça duyarlı olmaları, düşük enerji ihtiyaçları, küçük olmaları ve düşük kütleyle sahip olmaları yer almaktadır (Neethirajan ve Jayas, 2007).

Florasan kuantum noktacıları, florasan silika nanopartikülleri ve karbon nanotüpleri DNA tespiti ve bakteriler ve toksinlerinin belirlenmesi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Goldman ve ark., 2004; Edgar ve ark., 2006). Dwarakanath ve ark. (2004) tarafından *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* hücreleri ve *Bacillus subtilis* sporlarının tespitinde kullanılmak üzere bakteri tutulduğunda emisyon dalgalı boyundaki artışa bağlı olarak bakterinin tespitini sağlayabilen bir yöntem geliştirilmiştir.

Fu ve ark. (2008) tarafından geliştirilen biyosensör; nano ölçekteki bir silikon/altın çubuk üzerindeki anti-salmonella antikolarına bağlanmış florasan boya partiküllerine sahiptir. Test edilen gıdada *Salmonella* mevcut ise sensör üzerindeki nano ölçekli boya partikülleri görünür hale gelmektedir.

Balık tazeliğinin belirlenmesine yönelik elektrik ileten polimerlere dayalı nanobiyosensörler geliştirilmiştir (Ghosh ve ark., 1998). Bu sensör ambalaj materyali içerisine yerleştirilmiş ve gıda tarafından salınan gazlara oldukça hassas olduğu için gıdanın bozulup bozulmadığı hakkında fikir vermiştir. Toksinler de hastalıklara yol açan potansiyel biyomoleküller olduğu için bu materyallerin hızlı tespiti de büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla da çeşitli nanopartikül problemlerinin kullanıldığı renge dayalı nanosensörler geliştirilmiştir. Schofield ve ark. (2007) tarafından toksin konsantrasyonuna bağlı olarak nanopartikül süspansiyonunun renginin kırmızından koyu pembeye doğru döndüğü ve rengin görsel ve spektrofotometrik olarak tespit edilebildiği, böylelikle toksinin varlığı ve miktarının belirlenebildiği sistemler rapor edilmiştir. Söz konusu kolorimetrik esaslı sistemlerin yanında elektrokimyasal yöntemler de popülerite kazanmıştır. Elektrokimyasal tespit yöntemleri optik yöntemlerin sahip olduğu çeşitli problemleri (bazı gıda bileşenlerinden ışık saçılması ve absorpsiyonu vs.) bertaraf etmesi nedeniyle avantajlı olarak görülmektedir.

3. Enzimlerin Kullanımı

Enzimler, yüzyıllar boyunca dolaylı olarak maya ve bakteriler vasıtasıyla birçok gıda maddesinin üretiminde kullanılmıştır. Enzimler ilk olarak 1914 yılında mikroorganizmalardan izole edilmiş ve deterjanlarda kullanılmıştır, onların protein yapısı ise 1926 yılında ispat edilmiştir. Büyük ölçekli ilk mikrobiyal enzim üretimi 1960'lı yıllarda başlamıştır (Leisola ve ark., 2002). Günümüzde

üretilen enzimler; fırın ürünleri, içecek endüstrisi, süt endüstrisi, diyetel desteklerin üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Kirk ve ark., 2002). Gıda endüstrisi dışında ise deterjan, kişisel bakım ürünleri, deri, tekstil ve kâğıt endüstrisi gibi alanlarda kullanım alanı bulmaktadır (Schafer ve ark., 2007). Gıda endüstrisinde enzimler, biyokimyasal ön işlemlerde (örneğin peynir yapımında sütün rennin ile pıhtılaştırılması) kullanıldığı gibi çeşitli spesifik ürünlerin (örneğin glukoz şurubu) üretiminde de kullanılabilir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak yararlanılan enzimler arasında amilazlar, hidrolazlar, invertazlar, pektinazlar, proteazlar, glutaminaz ve tannaz yer almaktadır. Bununla birlikte son yıllarda enzimlerin kullanımı üzerine çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Steffolani ve ark. (2012) donmuş hamurların dondurarak depolamaları esnasında meydana gelen zararların minimize edilmesi amacıyla pentozanaz, glukoz oksidaz ve glutaminaz etkisini araştırmıştır. Pentozanaz enzimi ile fermentasyon sırasında gaz kaybı olmadan hacim artışı sağlanmış, orta düzey transglutaminaz enzimi ilavesi ise kontrole göre ekmekte daha fazla hacim artışı gerçekleştirmiştir.

Enzimlerin en fazla kullanıldığı maddelerden birisi nişastadır. Nişastada enzim kullanımı, çok eski dönemlerden beri uygulanmaktadır. Bugün nişasta endüstrisi, enzimler açısından deterjan endüstrisinden sonra ekonomik büyüklük olarak 2. sırada gelmektedir. Birçok hidrolaz enzimi α -1,4-glukanı substrat olarak kullanarak nişastayı hidrolize etmektedir. Ekzohidrolazlar, nişastanın indirgen olmayan uçlarından başlayarak α -1,4-glikozidik bağları parçalar ve glukozdan gluko-oligosakkaritlere kadar değişik ürünler meydana getirirler. α -Amilaz nişastada α -1,4-glikozidik bağları rastgele parçalayan tek endo-hidrolaz olup farklı boyutlarda ürünler üretirler (Hua ve Yang., 2016).

Glukozun fruktoza izomerizasyonu yüksek fruktoz şurubu üretiminin temel biyoprosesidir. Ksiloz izomeraz; aldoz ve ketoz şekerlerinin büyük bir substrat spesifikliği göstererek dönüşümünü katalizlemektedir. Transglükolizasyon ise özel fizikokimyasal özellikler taşıyan biyofonksiyonel oligosakkaritler ve siklodekstrinlerin üretiminde başvurulan bir biyoprosesdir. Nişasta; 1,4- α -glukan 6- α -glukoziltransferaz, 4- α -glukanotransferaz ve oligosakkarit 4- α -D-glukoziltransferaz gibi glukozil transferaz enzimleri için iyi bir substrattır (Hua ve Yang., 2016). Nişastayı substrat olarak kullanan söz konusu amilolitik enzimler büyük ölçüde mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir. Bu enzimlerin endüstriyel üretimi ya derin fermentasyon ya da katı faz fermentasyonu yolu ile sağlanmaktadır (Subramanyam ve Vimala, 2012).

Enzimlerin yeni kullanım alanlarından bir tanesi de çözücü ekstraksiyonuna alternatif olarak enzim destekli ekstraksiyondur. Çözücü ekstraksiyonunda yaygın olarak organik çözücüler kullanılmasına rağmen bunların yüksek enerji ihtiyacı, çevresel risk ve toksisite gibi dezavantajları vardır (Teo ve ark., 2010). Enzim bazlı biyoaktif madde ekstraksiyonu, çözücü ekstraksiyon sistemine potansiyel bir alternatif olarak görülmektedir. Bu tekniklere örnek olarak lakkaz enzimi ile posa ve kâğıdın ağartılması, vücut bakım ürünlerinde lipaz kullanımı ve soya yağında gamsı materyallerin giderilmesinde fosfolipazların kullanımı verilebilir (Veit, 2004; Fu ve ark., 2005; De Maria ve ark., 2007). Pektinaz, selülaz ve hemiselülaz gibi enzimler meyve suyu işlemede ve bira ağartmada hücre duvarlarını degrade ederek su ekstrakte edilebilirliğinin artırılmasında kullanılmaktadır. Böylece fenolik maddeler gibi bileşenler de

hücre duvarından ürüne geçmekte ve ürünün kalitesi de artmaktadır. Enzim destekli ekstraksiyon hem ekstraksiyon sürecini hızlandırmakta hem de polisakkarit, yağ, doğal pigmentler, aroma maddeleri ve tıbbi bileşenler gibi materyallerin ekstraksiyon verimini artırmaktadır (Puri ve ark., 2012).

4. Biyoteknolojide Mikroorganizmaların Kullanımı

Gıda bilim ve teknolojisinde yaygın olarak kullanılan enzimler, bakteriyosinler, amino asitler, vitaminler, organik asitler, çoklu doymamış yağ asitleri, düşük kalorili ve bazı kompleks karbonhidratlar ve aroma maddeleri; son yıllarda mikroorganizmalar kullanılarak üretilmektedir. Geçmişte enzimler bitkisel ve hayvansal kaynaklardan yüksek maliyetlerle izole edilmekte iken artık bakteri ve fungal kaynaklar bu amaçla verimli şekilde kullanılabilir. Mikrobiyal kaynaklı enzimler aktivitelerinin yüksek olması daha stabil olmaları ve yüksek saflıkta ve büyük ölçekte üretilebilmeleri nedeniyle bitkisel ve hayvansal kaynaklı olanlarına oranla daha çok tercih edilmektedir (Şahin ve ark., 2013).

Ticari enzimler ve gıda teknolojisinde kullanılan birçok katkı maddesi artık günümüzde rekombinant mikroorganizmalar vasıtasıyla üretilmektedir. Rekombinant DNA teknolojisi 1970'lerden sonra gelişen bir alan olup ilk gelişmeler *Streptomyces* türlerinin antibiyotik üreten sistemlerinin genetik transformasyonu ile gerçekleşmiştir (Diez ve ark., 1997). Bu tarihten günümüze kadar başarılı gelişmeler sayesinde başta tarım, gıda ve ilaç endüstrisi olmak üzere birçok alanda teknolojinin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak genetik yapıları manipüle edilerek elde edilen rekombinant mikroorganizmalar ile yüksek verimlilikte ürünler elde edilmektedir. Rekombinant mikroorganizmalar tarafından gıda desteği, lezzet artırıcı, tekstür verici, asidulant, koruyucu, antioksidan, emülsifiye edici, sürfaktan veya fonksiyonel gıda bileşenleri üretilebilmektedir. Bu amaçla en fazla kullanılan bakteriler arasında laktik asit bakterileri, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* ve *Corynebacterium glutamicum* yer almaktadır. Bu mikroorganizmalar genlerin çoğaltılması, baskılanması ve yer değiştirilmesi, yüksek verimlilikte geniş spektrumda karbon kaynaklarını kullanabilmesi, ucuz azot ve karbon kaynaklarında hızlı üreyebilmesi, GRAS (genellikle güvenilir olarak kabul edilen) statüsünde olması, bakteriyofajlara dayanıklılığı, son ürünü hücre dışına etkili şekilde taşıyabilmesi ve o maddeye yüksek toleransı ve endüstriyel bazda üretilebilmesi gibi birçok faktör göz önünde bulundurularak seçilmiştir (Gonzales, 2006).

Basit polifenollerin bir grubu olan gallik asit, vanilik asit, kafeik asit, ferulik asit, kumarik asit ve klorojenik asit gibi fenolik asitlerin örneğin biyoteknolojik yöntemlerle mikroorganizmalar tarafından üretilebileceği belirtilmiştir. Örneğin glukozdan yüksek düzeyde (974 mg/L) p-kumarik asit üretebilen *E. coli* suşu geliştirilmiştir (Kang ve ark., 2012). Diğer bir çalışmada baskılanmış *E. coli* ve *Saccharomyces cerevisiae* suşları ile üretilen pinosembren ve naringenin flavonoidleri elde edilmiştir (Hwang ve ark., 2003; Jiang ve ark., 2005). Franklin ve ark. (2011) tarafından yağ bileşimi ve içeriği yüksek genetik modifiye mikroalglerden üretilmiş gıda destekleri üretilmiştir. Günümüzde endüstriyel uygulamalara daha uygun rekombinant ekme mayaları geliştirilmiştir (Prieto ve ark., 2006).

5. Sonuç

Gıda biyoteknolojisi ve biyoprosesi, son derece dinamik bir araştırma alanı olup sürekli gelişim göstermektedir. Yapılan araştırmalar, gıdaların işlenmesi, muhafazası ve tüketimi öncesi tüm safhalarda yeni uygulama alanları geliştirmiştir. Nanoteknolojinin getirdiği yenilikler, mikroorganizmaların özelliklerinin bilinmesi ve onların manipüle edilebilmesi, gıda biyoproseslerinde önemli ve uygulama alanı bulma potansiyeline sahip yenilikler getirmiştir. Gıdaların veya ambalaj materyallerinin bünyesinde bulunabilecek herhangi bir patojen mikroorganizmayı, onların toksinini veya diğer arzu edilmeyen maddeleri tespit edebilecek nanosensörler geliştirilmiştir. Mikroorganizmalardan biyoteknolojik yöntemlerle elde edilen ve üretilen enzimler, artık hayvansal ve bitkisel kaynaklı ticari enzimlerin yerini büyük ölçüde almış durumdadır. Yine mikroorganizmaların genetik yapıları değiştirilerek elde edilen rekombinant mikroorganizmalar bir dizi gıda katkı maddesi ve bileşeninin yüksek verimde üretimine olanak sağlamaktadır. Söz konusu alanlarda yapılan çalışma sayısının ve bunların endüstride uygulanabilme potansiyelinin yüksek olması, ileride yeni birçok gelişmelere şahit olacağımızı da göstermektedir.

Kaynaklar

- De Maria, L., Vind, J., Oxenball, K.M., Svendsen, A., Patkar, S. 2007. Phospholipases and their industrial applications: Mini review. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74, 290-300.
- Diez, B., Mellado, E., Rodriguez, M., Fouces, R., Barredo, J.L. 1997. Recombinant microorganisms for industrial production of antibiotics. *Biotechnology and Bioengineering*, 55(1), 216-226.
- Doran, P.M. 2012. *Bioprocess Engineering Principles*. 2nd Ed. Elsevier, United Kingdom.
- Dwarakanath, S., Bruno, J.G., Shastry, A., Phillips, T., John, A., Kumar, A., Stephenson, L.D. 2004. Quantum dot-antibody and aptamer conjugates shift fluorescence upon binding bacteria. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 325(3), 739-743.
- Edgar, R., McKinstry, M., Hwang, J., Oppenheim, A.B., Fekete, R.A., Giulian, G., Merrill, C., Nagashima, K., Adhya, S. 2006. High-sensitivity bacterial detection using biotin-tagged phage and quantum-dot nanocomplexes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(13), 4841-4845.
- Franklin, S., Somanchi, A., Wee, J., Rudenko, G., Moseley, J.L., Rakitsky, W., 2011. US patent başvuru No 2011/0293785 A1.
- Fu, G.Z., Chan, A., Minns, D. 2005. Preliminary assessment of the environmental benefits of enzyme bleach boosting for pulp and paper making. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10, 136-142.
- Fu, J., Park, B., Siragusa, G., Jones, L., Tripp, R., Zhao, Y.P., Cho, Y.J. 2008. An Au/Si heteronanorod-based biosensor for *Salmonella* detection. *Nanotechnology*, 19(15), 1-7.
- Ghosh, S., Sarker, D., Misra, T.N. 1998. Development of an amperometric enzyme electrode biosensor for fish freshness detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 53(1-2), 58-62.
- Goldman, E.R., Clapp, A.R., Anderson, G.P., Uyeda, H.T., Mauro, J.M., Medintz, I.L., Mattoussi, H. 2004.

- Multiplexed toxin analysis using four colors of quantum dot fluororeagents. *Analytical Chemistry*, 76(3), 684-688.
- Gonzales, R. 2006. Metabolic engineering of bacteria for food ingredients. In: *Food Biotechnology*, Ed. Shetty, K., Paliyath, G., Pometto, A., Levin, R. E., CRC Press, New York, ABD.
- Hua, X., Yang, R. 2016. Enzymes in starch processing. In *Applications of Enzymes in Food and Beverage Industries*. Ed. Chandrasekaran, M. CRC Press, Florida, ABD.
- Hwang, E.I., Kaneko, M., Ohnishi, Y., Horinouchi, S. 2003. Production of plant-specific flavanones by *Escherichia coli* containing an artificial gene cluster. *Applied Environmental Microbiology*, 69, 2699-2706.
- Jiang, H., Wood, K.V., Morgan, J.A. 2005 Metabolic engineering of the phenylpropanoid pathway in *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Environmental Microbiology*, 71, 2962-2969.
- Kang, S.Y., Choi, O., Lee, J.K., Hwang, B.Y., Uhm, T.B., Hong, Y.S. 2012. Artificial biosynthesis of phenylpropanoic acids in a tyrosine overproducing *Escherichia coli* strain. *Microbial Cell Factories*, 11:153.
- Kirk, O. Borchert, T. V. Fuglsang, C. C. 2002. Industrial enzyme applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(4), 345-351.
- Leisola, M., Jokela, J., Pastinen, O., Turunen, O., Schoemaker, H. 2002. Industrial use of enzymes. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, EOLSS Publishers Co., Oxford, UK.
- Merkoci, A. 2010. Nanoparticles-based strategies for DNA, protein and cell sensors. *Biosensors & Bioelectronics*, 26(4), 1164-1177.
- Neethirajan, S., Jayas, D. S. 2007. Sensors for grain storage. *ASABE Annual International Meeting*, 17-20 Haziran 2007, Minneapolis, ABD.
- Neethirajan, S., Jayas, D.S. 2011. Nanotechnology for the food and bioprocessing industries. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 39-47.
- Prieto, J.A., Aguilera, J., Randez-Gil, F. 2006. Genetic engineering of baker's yeast: challenges and outlook. In *Food Biotechnology: Second Edition, Revised and Expanded*, Ed. K. Shetty, A. Pometto, G. Paliyath (Eds.), CRC Press, Boca Raton, pp. 245-279.
- Puri, M., Sharma, D., Barrow, C.J. 2012. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends in Biotechnology*, 30(1), 37-44.
- Schafer, T. Borchert, T. W. Nielsen S. S., Skagerlind, P., Gibson, K., Wenger, K., Hatzak, F., Nilsson, D.L., Salmon, S., Pedersen, S., Heldt-Hansen, H. P., Poulsen, B. P., Lund, H., Oxenboll, K.M., Wu, G.F., Pedersen, H. H., Xu, H. 2007. Industrial enzymes. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 105, 59-131.
- Schofield, C.L., Field, R.A., Russell, D.A. 2007. Glyconanoparticles for the colorimetric detection of cholera toxin. *Analytical Chemistry* 79(4), 1356-1361.
- Steffolani, M.E., Ribotta, P.D., Perez, G.T., Puppo, M.C., Leon, A.E. 2012. Use of enzymes to minimize dough freezing damage. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 2422-2255.
- Subramaniam, R., Vimala, R. 2012. Solid state and submerged fermentation for the production of bioactive substances: A comparative study. *International Journal of Science & Nature*, 3(3), 480-486.
- Şahin, F., Arat, S., Tura, M., Eşitken, A., Sağdıç, O., Kesmen, Z., Ünal, E.Ö. 2013. Bölüm 3, Kısım-3: Türkiye'de agro-biyoteknoloji. *Biyoteknoloji Sektörel İnovasyon Sistemi*, Ed. Kiper M., Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, 173-203, Ankara, Türkiye.
- Teo, C.C., Tan, S.N., Hong Yong, J. W., Hew, C.S., Ong, E.S. 2010. Pressurized hot water extraction. *Journal of Chromatography A*, 1217, 2484-2494.
- Veit, T. 2004. Biocatalysis for the production of cosmetic ingredients. *Engineering in Life Sciences*, 4, 508-511.