

**FARKLI ALTERNATİF YAKITLARIN MOTOR PERFORMANSI VE
EMİSYONLARA ETKİLERİ**

Emre YILMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2013

ANKARA

Emre YILMAZ tarafından hazırlanan “FARKLI ALTERNATİF YAKITLARIN MOTOR PERFORMANSI ve EMİSYONLARA ETKİLERİ ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Sahir SALMAN

Tez Danışmanı, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Sahir SALMAN

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.



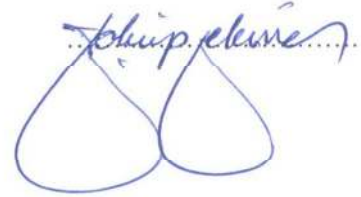
Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.



Doç. Dr. Yakup SEKMEN

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı, KBÜ.



Tez Savunma Tarihi: 08/07/2013

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Emre YILMAZ

FARKLI ALTERNATİF YAKITLARIN MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONLARA ETKİLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Emre YILMAZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Temmuz 2013

ÖZET

Dizel motorları düşük yakıt tüketimlerinden dolayı hem kara hem de deniz taşımacılığında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak dizel motorlarından kaynaklanan zararlı azot oksit (NO_x) ve is emisyonları insan sağlığını tehdit etmektedir. Dizel emisyonlarının azaltılabilmesi için pek çok araştırma yapılmıştır. Belirli oranlarda su içeren dizel emülsiyon yakıtları, zararlı egzoz emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bu nedenle emülsiyon yakıtlar son yıllardaki önemli araştırma alanlarından birisi olmuştur.

Bu çalışmada %5 (E5) ve %10 (E10) su ihtiva eden dizel emülsiyon yakıtlarının, tam yükte ve üç farklı devirde (2500, 3250 ve 4000 min^{-1}) farklı fren ortalama efektif basınçlarına bağlı motor performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkileri incelenmiştir. Diğer çalışmalardan farklı olarak yakıtların elde edilmesinde su çözücü olarak %1 oranında yardımcı emülgatör mono etilen glikol kullanılmıştır. E5 emülsiyonu egzoz emisyonlarını kısmen azaltırken, motor performansına da önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Tam yükte E10 emülsiyonunun kullanılmasıyla karbon monoksit (CO), NO_x ve is emisyonlarında sırasıyla %44,7, %5 ve %47 oranlarında azalma görülmüştür. Motor yüküne bağlı olarak yapılan deneylerde 2500 min^{-1} 'de CO emisyonları ortalama %6,02, NO_x emisyonları %11,01 ve is emisyonları %22,97 azalmıştır.

Bilim Kodu : 708.3.026
Anahtar Kelimeler : Dizel emülsiyon, egzoz emisyonu, motor performansı
Sayfa Adedi : 58
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. M. Sahir SALMAN

EFFECTS OF DIFFERENT ALTERNATIVE FUELS ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS

(M. Sc. Thesis)

Emre YILMAZ

**GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

July 2013

ABSTRACT

Diesel engines are widely used in both land and sea transportation due to lower fuel consumption. However, the harmful nitrogen oxide (NO_x) and soot emissions from diesel engines are threatening human health. A lot of research done to reduce diesel emissions. Diesel emulsion fuels that are containing specific proportions of water, can reduce harmful exhaust emissions significantly. Therefore, emulsion fuels has been one of the important research area in recent years.

In this study, effects of the emulsion fuels, which contain 5% (E5) and 10% (E10) water, on engine performance and exhaust emissions have been investigated at full load and different brake mean effective pressures at three engine speeds (2500, 3250 ve 4000 min^{-1}). Unlike the other studies, 1 % auxiliary emulgator mono ethylene glycol has been used as solvent to water. While the E5 emulsion was partially reducing the exhaust emissions, there were not significant influence on engine performance. Using E10 emulsion at full load reduced carbon monoxide (CO), NO_x and soot emissions 44,7%, 5% and 47% respectively. CO, NO_x and soot emissions reduced 6,02%, 11,01% and 22,97% averagely in the experiments depending on engine load at 2500 min^{-1} .

Science Code : 708.3.026
Key Words : Diesel emulsion, exhaust emission, engine performance
Page Number : 58
Adviser : Prof. Dr. M. Sahir SALMAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. M. Sahir SALMAN'a, yine her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen hocam Yrd. Doç. Dr. Tolga TOPGÜL'e, Hitit Üniversitesinden Öğr. Gör. Seyfi POLAT ve mesai arkadaşım Araştırma Görevlisi Hamit SOLMAZ'a, destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli ailem Emel YILMAZ, Leyla YILMAZ, Turan YILMAZ ve oğlum Emir Arda YILMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER ve KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
3. EMÜLSİYONLAR	20
3.1. Emülgatörler (Yüzey Aktif Maddeler).....	20
3.1.1. Yüzey aktif madde molekülünün yapısı.....	21
3.1.2. Emülgatörlerin genel özellikleri.....	23
3.1.3. Emülgatörlerin sınıflandırılması	25
3.2. Emülsiyonların üstünlükleri	27
3.2.1. İki fazlı emülsiyon tipleri	27
3.2.2. Çoklu (Üç fazlı) emülsiyon tipleri	28
4. MATERYAL METHOD.....	32
4.1. Test Yakıtları.....	32
4.2. Deney Düzenegi	33

Sayfa

4. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME	37
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	58

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Yakıtların % bileşenleri	5
Çizelge 2.2. Yakıtların özellikleri	9
Çizelge 2.3. Dizel ve bitkisel yağ karışım oranları	12
Çizelge 2.4. Yakıtların bazı özellikleri ve karışım oranları	13
Çizelge 3.1. Birkaç yaygın gıda emülgatörlerinin HLB aralıkları	23
Çizelge 3.2. Yüzey aktif maddelerin oluşturduğu sistemler	27
Çizelge 4.1. Emülsiyon yakıtlarının hacimsel içerikleri	33
Çizelge 4.2. Deney motorunun teknik özellikleri	34
Çizelge 4.3. VLT 2600 S Opasimetre teknik özellikleri	35
Çizelge 4.4. Testo 350 XL emisyon ölçüm cihazı teknik özellikleri	36

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ortalama efektif basıncın özgül yakıt tüketimine etkisi	10
Şekil 2.2. Ortalama efektif basıncın azot oksit emisyonuna etkisi	10
Şekil 2.3. Motor torkuna bağlı olarak NO emisyonlarının değişimi.....	15
Şekil 2.4. Motor torkuna bağlı olarak CO emisyonlarının değişimi.....	16
Şekil 2.5. Motor devrine bağlı olarak motor torkunun değişimi.....	17
Şekil 2.6. Motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi	18
Şekil 3.1. Emülsiyon tipleri.....	20
Şekil 3.2. Yüzey aktif madde molekülünün yapısı	21
Şekil 3.3. Emülsifierlerin yapısı.....	24
Şekil 3.4. İki fazlı emülsiyon tipleri.....	28
Şekil 3.5. Üç fazlı emülsiyon tipleri	28
Şekil 4.1. Deney düzeneğinin şematik görünümü.....	35
Şekil 5.1. Motor torkunun motor hızına bağlı değişimi	38
Şekil 5.2. Özgül yakıt tüketiminin motor hızına bağlı değişimi	39
Şekil 5.3. 2500 min ⁻¹ 'de özgül yakıt tüketiminin fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi	40
Şekil 5.4. 3250 min ⁻¹ 'de özgül yakıt tüketiminin fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi.....	40
Şekil 5.5. 4000 min ⁻¹ 'de özgül yakıt tüketiminin fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi	41
Şekil 5.6. NO _x emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi	42
Şekil 5.7. 2500 min ⁻¹ 'de NO _x emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi	42

Şekil	Sayfa
Şekil 5.8. 3250 min ⁻¹ 'de NO _x emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi	43
Şekil 5.9. 4000 min ⁻¹ 'de NO _x emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi	43
Şekil 5.10. CO emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi.....	44
Şekil 5.11. 2500 min ⁻¹ 'de CO emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi	45
Şekil 5.12. 3250 min ⁻¹ 'de CO emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi	45
Şekil 5.13. 4000 min ⁻¹ 'de CO emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi	46
Şekil 5.14. İs emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi.....	47
Şekil 5.15. 2500 min ⁻¹ 'de İs emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi.....	47
Şekil 5.16. 3250 min ⁻¹ 'de İs emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi.....	48
Şekil 5.17. 4000 min ⁻¹ 'de İs emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi.....	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Cussons P8653 D.C. Rejenaratif Dinamometre.....	34
Resim 4.2. VLT 2600 S Opasimetre	36
Resim 4.3. Testo 350 XL emisyon ölçüm cihazı	36

SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
BMEP	Ortalama Efektif Basınc
BSU	Bosch Duman Ünitesi
CO	Karbon Monoksit
Comperlan SCO	Hindistan cevizi yağ asidi 2-Etanol
Cst	Santistok
dm³/s	Desimetreküp/saniye
g/kWh	Gram/kilowatt saat
HC	Hidro Karbon
Kgf-m	Kilogramkuvvet-metre
Kg/kWh	Kilogram/kilowattsaat
Kg/m³	kilogram/metreküp
kW	Kilowatt
L	Litre
MgCl₂	Magnezyum Klorür
Mj/kg	Mega joule/kilogram
min⁻¹	Devir/Dakika
mm	Milimetre
mN/m	Milnewton/metre
NaCl	Sodyum Klorür
nm	Nanometre
Nm	NewtonMetre
NO	Azot Monoksit
NO_x	Azot Oksit
PM	Partikül Madde
ppm	Her Milyondaki Partikül Miktarı

Simgeler**Açıklama****SO_x**

Kükürt Oksit

SPAN 80

Sorbitan Mono Oleat

SPAN 83

Sorbitan Seskuilat

TWEEN 20

Polisorbat 20

TWEEN 80

Polioksi Etilen Sorbitan Mono Oleat

TWEEN 85

Polioksi Etilen Sorbitan Trioleat

Texapon HBN

Sodyum Laurilsülfat

 γ

Ara Yüzey Gerilimi

Kısaltmalar**Açıklama****B60D20E20M**

% 60 Biyodizel, % 20 Dizel ve % 20 Etanol

B70D10E20M

% 70 Biyodizel, % 10 Dizel ve % 20 Etanol

B100

% 100 Biyodizel

CNG

Sıkıştırılmış Doğalgaz

EGR

Egzoz Gazları Resürkilasyonu

E5

% 5 Su içeren emülsiyon yakıt

E10

% 10 Su içeren emülsiyon yakıt

E10S10

% 9,90 Soya biyodizeli, % 79,21 Dizel, % 9,90

NOE-7F Su ve % 0,99 Emülgatör

E10S20

% 19,80 Soya biyodizeli, % 69,31 Dizel, % 9,90

NOE-7F Su ve % 0,99 Emülgatör

E10S30

% 29,70 Soya biyodizeli, % 59,41 Dizel, % 9,90

NOE-7F Su ve % 0,99 Emülgatör

FT

Fisher Tropsch

HLB

Hidrofilik Lipofilik Denge

LPG

Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

S10

% 10 Soya biyodizeli ve % 90 Dizel

Kısaltmalar**Açıklama****S20**

% 20 Soya biyodizeli ve % 80 Dizel

S30

% 30 Soya biyodizeli ve % 70 Dizel

S/Y

Su/Yağ

S/Y/S

Su/Yağ/Su

W10S10% 9,90 Soya biyodizeli, % 79,21 Dizel, % 9,90
Su ve % 0,99 Emülgatör**W10S20**% 19,80 Soya biyodizeli, % 69,31 Dizel, % 9,90
Su ve % 0,99 Emülgatör**W10S30**% 29,70 Soya biyodizeli, % 59,41 Dizel, % 9,90
Su ve % 0,99 Emülgatör**Y/S**

Yağ/Su

Y/S/Y

Yağ/Su/Yağ

1. GİRİŞ

Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı petrolden karşılanmaktadır. Petrolün önemli bir kısmı ise motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Petrol rezervleri artan nüfusa paralel olarak gelişen teknoloji ve yeniliklerden dolayı aşırı kullanım sonucu hızla tükenmektedir. Ayrıca aşırı kullanımdan kaynaklanan bu artışa paralel olarak egzoz emisyonları da artış göstermiştir. Bu artış hava kirliliğini etkileyen en önemli etkenlerin başında yer almaktadır. Bu nedenle araştırmacıları bu yakıtlara alternatif ve temiz yakıt arayışına yönelmekteler.

Konvansiyonel benzinli ve dizel motorlardan kaynaklanan başlıca egzoz emisyonları karbon monoksit (CO), azot oksit (NO_x), hidrokarbon (HC), partikül madde (PM), kükürt oksit (SO_x) ve kurşun bileşikleridir [1]. CO, NO_x, HC ve PM yanma prosesinden kaynaklı olarak ortaya çıkan egzoz gazı ürünleridir. Ancak SO_x ve kurşun bileşikleri yakıt kaynaklı kirleticilerdir. CO ve HC benzinli motorlarda daha yüksek oranlarda görülürken dizel motorlarda ise yüksek miktarda PM ve NO_x oluşumu sorun teşkil etmektedir [2,3].

Günümüzde dizel motorları halen en yüksek verime sahip motorlardır ve dizel yakıtı yakıt ekonomisi, dayanıklılığı ve ağır hizmet sektörüne uyumlu olması bakımından taşıma sektöründe en yaygın olarak kullanılan yakıt türüdür [4]. Bundan dolayı birçok araştırmacı dizel yakıtının özelliklerinin ve dizel yakıtı ile beraber kullanılabilecek alternatif yakıtların geliştirilmesi üzerine odaklanmıştır. En önemli araştırma alanlarından birisi bitkisel kökenli biyodizel yakıtlarıdır. Pek çok araştırmacı dizel-biyodizel karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişler [5-6]. Ancak biyodizel yakıtının ısı değeri ve uçuculuğunun düşük, bunun yanında viskozitelerinin yüksek olması kullanılabilirliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca içerisinde barındırdığı oksijen dolayısıyla NO_x emisyonlarında artışa neden olmaktadır [7].

Çevreye karşı olumlu etkilere sahip olduğundan dizel emülsiyon yakıtlarına olan ilgi giderek artmaktadır. Yakıtın içerisinde bulunan su, emisyon bileşenleri üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır [8].

Emülsiyonlar, birbiriyle karışmayan iki sıvının birbiri içinde dağılmasından oluşmuş, homojen görünümlü heterojen sistemlerdir. Eğer emülsiyon, yağ damlacıklarını su içinde içeriyorsa Y/S (su içinde yağ) emülsiyonu ve su damlacıklarını yağ içinde içeriyorsa S/Y (yağ içinde su) emülsiyonu olarak tanımlanır. Aynı anda Y/S ve S/Y tipindeki emülsiyonu bulunduran sistemler çoklu emülsiyonlar olarak tanımlanır. Bunlar S/Y/S veya Y/S/Y tipi emülsiyon oluştururlar [9,10].

Suyun varlığına bağlı olarak motor performansında bir miktar azalma görülebilir ancak dizel yakıt tüketimi genellikle azalmaktadır [8]. Dizel emülsiyonlarına olan ilginin en önemli nedeni emisyonlara olan olumlu etkisidir. Dizel yakıtının içerisindeki su NO_x , PM ve is emisyonlarında önemli azalmalara neden olmaktadır [11]. Emülsiyon yakıtında bulunan %15 suyun NO_x emisyonlarını %35 oranında azaltılabileceği belirlenmiştir. Bununla beraber CO ve HC emisyonlarında bir miktar artış gözlemlenebilir [8,12]. Yapılan bir çalışmada %15-45 su içeren emülsiyon yakıtlarının kullanılması durumunda NO_x ve is emisyonlarının büyük ölçüde azaldığı ancak CO ve HC emisyonlarında kısmen artış gözlemlendiği belirtilmiştir [8]. Nadeem ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise CO emisyonları önemli ölçüde azalmış ve bunun suyun ilave edilmesiyle birlikte silindirde meydana gelen mikro patlamalardan kaynaklandığı ifade edilmiştir [4].

Motorlu taşıtlarda kullanılabilen başlıca alternatif yakıtlar; metanol, etanol vb. alkoller, sıkıştırılmış doğal gaz (CNG), sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), hidrojen ve bitkisel yağlarla elde edilen biyodizeldir.

Alternatif yakıt olarak benzinli motorda;

- Alkol benzin karışımı
- Alkol

- Metan
- Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)
- Hidrojen
- Yakıt Pilleri

Dizel motorlarda ise;

- Alkol dizel yakıtı karışımı
- Bitkisel yağ dizel yakıtı karışımı
- Bitkisel yağlar
- Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG)
- Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)

kullanılabilmektedir [13]. Sıvılaştırılmış petrol gazı ve doğal gaz ilk önceleri güç üretmek için sabit tesis motorlarında tercih edilmiştir, günümüzde ise otomobillerde yakıt olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

CNG ve LPG gibi gaz yakıtlar diğerlerine göre, karışımın oluşturulmasında, dağıtımında, ateşlenmesinde ve yanmanın kontrolünde daha az zorluk göstermekte ve ayrıca yanma sonucu oluşan emisyon değerlerinde daha sağlıklı veriler elde edildiğinden dolayı ideal yakıt olarak bilinmektedir. Diğerleri yakıtlar ise yüksek maliyetli olmaları, depolama da yaşanan güçlükleri ve elde edilişlerinin zorluğundan dolayı pek tercih edilmemektedir.

Alternatif yakıt kullanan taşıtlarda yalnızca performans ve işletme değerleri göz önünde tutulmayıp, işletme maliyeti, yakıt ekonomisi ve periyodik bakım süreleri de göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenlerden dolayı alternatif olabilecek bazı yakıtların üzerinde yaygın çalışmalar yapılmaktadır [14].

Bu çalışmada %5 (E5) ve %10 (E10) oranında su ihtiva eden dizel çoklu (Y/S/Y) emülsiyon yakıtları laboratuvar ortamında üretilmiştir. Daha sonra, üretilen bu yakıtların ve saf dizel yakıtının motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri

incelenmiştir. E5 ve E10 yakıtları üretiminde kararlı bir emülsiyon elde etmek için sorbitan mono oleat (SPAN 80) ve polioksi etilen sorbitan mono oleat (TWEEN 80) emülgatörleri kullanılmıştır. Bu çalışmada ayrıca mono etilen glikol su çözücü ve donma önleyici yardımcı emülgatör olarak kullanılmıştır ve yakıtlar üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

A. H. Scragg ve arkadaşları kolza yağı biyodizeline, algler ve emülgatör %10, %20 ve %30 oranlarında su eklemiş ve elde ettikleri emülsiyon yakıtları tek silindirli bir dizel motorunda denemişlerdir. Bu çalışmada dizele göre CO emisyonunda artış olmasına rağmen NO_x emisyonlarında azalma gözlemlenmiştir. Emülgatör olarak %5 oranında Triton X-100 kullanılmış. Kolza yağı biyodizeline su eklendikten kısa bir süre sonra iki faz oluştuğu gözlemlenmişler ve kararlı bir emülsiyon elde etmek için emülgatör eklemişler. %20 su eklenen biyodizel karışımının 14 gün kararlı bir şekilde kaldığını (faz ayrışması olmadığını) gözlemlemişler [15].

Yuan-Chung Lin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 10 farklı test yakıtını denemişler. Çizelge 2.1’de test yakıtların bileşenleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yakıtların % bileşenleri [16]

YAKITLAR	BİLEŞENLERİ (%)				
	SOYA BİYODİZEL	DİZEL	SU	NOE-7F SU	EMÜLGATÖR
Saf Dizel	-	100	-	-	-
S10	10	90	-	-	-
S20	20	80	-	-	-
S30	30	70	-	-	-
W10S10	9,90	79,21	9,90	-	0,99
W10S20	19,80	69,31	9,90	-	0,99
W10S30	29,70	59,41	9,90	-	0,99
E10S10	9,90	79,21	-	9,90	0,99
E10S20	19,80	69,31	-	9,90	0,99
E10S30	29,70	59,41	-	9,90	0,99

Elde edilen yakıtların karakteristiğini, enerji verimliliğini, özgül yakıt tüketimini ve çözünür organik fraksiyonlarını incelemişler. Özgül yakıt tüketimlerini saf dizel yakıtı, S10, S20, S30, W10S10, W10S20, W10S30, E10S10, E10S20, E10S30 için sırasıyla 0,361, 0,362, 0,364, 0,365, 0,389, 0,396, 0,401, 0,377, 0,385, 0,397 LkWh⁻¹ olarak elde etmişlerdir. PM emisyonları ise 6 emülsiyon yakıt için (W10S10, W10S20, W10S30, E10S10, E10S20 ve E10S30) saf dizel yakıtından düşük çıktığını

belirtmişler, diğer 3 biyodizel dizel karışım yakıtlarının (S10, S20, S30) ise dizelden yüksek çıktığını gözlemlemişlerdir [16].

Y. Yoshimoto ve arkadaşları 1999 yılında yapmış oldukları çalışmada su ve dizel karışımı olan emülsiyon yakıtların NO_x ve duman emisyonlarını azalttığını gözlemlemişlerdir. Biyodizel ve %30 su emülsiyon yakıtında ise istenen düşük özgül yakıt tüketiminde, NO_x emisyonlarının büyük oranda azaldığını gözlemlemişlerdir [17].

W. M. Yang ve arkadaşları, nano-organik katkı maddesi kullanarak saf dizele %10 ve %15 oranında su eklemişler. Dünya genelindeki çalışmalarda opak ve sütsü renkte emülsiyon yakıt elde edilirken, Yang ve arkadaşları şeffaf ve açık yeşil renkli yüksek kararlılıklı emülsiyon yakıt elde etmişlerdir. Saf dizel ve elde edilen emülsiyon yakıtları common rail yakıt sistemli bir dizel motorunda kullanmışlardır. Emülsiyon yakıttaki nano boyuttaki su damlalarının mikro patlama sonucu yakıtın havayla karışımını ve buharlaşmasını hızlandırdığı ve genel yanma süresini kısalttığını belirtmişlerdir. %10 emülsiyon yakıtını saf dizelle karşılaştırdıklarında, ısı veriminin %14,2 oranında arttığını ve NO_x emisyonlarının %30,6 oranında azaldığını gözlemlemişler. Yanmanın saf dizelde 45° krank mili açısı sürerken; %10 su emülsiyonunda 38° krank mili açısı, %15 su içeren emülsiyon yakıtta ise 37° krank mili açısı sürdüğünü ifade etmişler [18].

Alahmer ve arkadaşları, emülgatör olarak Polisorbat 20 (TWEEN 20) kullanmışlar. Bu emülgatörü, oluşturdukları emülsiyon yakıtlara %2 oranında eklemişler. %5, 10, 15, 20, 25 ve 30 su içeren iki fazlı emülsiyon yakıtları üretmişlerdir. Saf dizelle birlikte, dizel su emülsiyon yakıtlarının yoğunluklarını, viskozitelerini ve kalorifik değerlerini incelemişler. Ayrıca 4 zamanlı 4 silindirli direkt püskürtmeli su soğutmalı dizel motorunda saf dizel ve diğer 6 emülsiyon yakıtı test etmişler ve motor torkunu, gücünü, özgül yakıt tüketimini ve CO_2 , NO, NO_x emisyonlarını incelemişler [19].

Selim ve Elfeky, tek silindirli ve ön yanma odalı bir dizel motorunda dizel ve %2, 4, 6 ve 8 oranında su içeren emülsiyon yakıtlarını denemişler ve ısı akışıyla enjektör uç

sıcaklığını araştırıp karşılaştırmışlardır. Su oranı arttıkça ısı akışının azaldığını ve enjektör uç sıcaklığının düştüğünü gözlemlemişler buna bağlı olarak da NO_x emisyonlarının azaldığını belirlemişler [20].

Subramanian, saf dizeli, hidrofilik lipofibik denge oranı (HLB) 7 olan emülgatör kullanarak dizel su emülsiyon yakıtı ve son olarak da emme manifolduna emülsiyon yakıttaki oranda su püskürterek oluşturduğu dizel su karışımını dizel motorunda denemiş ve NO , CO , HC emisyonlarını ve duman faktörünü incelemiştir. Her iki karışımda da kütlece 0,4/1 oranında su/yakıt kullanmıştır. Deneyleri 1500 min^{-1} sabit hızda ve farklı yüklerde gerçekleştirmiştir. NO miktarı dizelde 1034 ppm iken emülsiyon yakıtta 645 ppm, emme manifolduna püskürtülen karışımda ise 643 ppm olarak gözlemlemiştir. Duman miktarını ise dizelde 3,6 BSU, emme manifolduna püskürtmede 3,2 BSU ve emülsiyon yakıtta da 2,7 BSU olarak elde etmiştir. Bununla birlikte CO ve HC seviyeleri emülsiyon yakıtta emme manifolduna püskürtülenden daha fazla çıkmıştır [21].

Maiboom ve Tauzia 1,5 litre yüksek hızlı direkt püskürtmeli dizel motorunda su-yakıt oranı hacimsel olarak %25,6 olan emülsiyon yakıtı pilot püskürtmeli ve pilot püskürtmesiz ve iki değişik püskürtme basıncında denemiş ve saf dizel yakıtı ile karşılaştırmışlar. Bu denemeleri, egzoz gazları resirkülasyonlu (EGR) ve değişik EGR oranlarında ve EGR'siz sistemde gerçekleştirmişler. Emülgatör olarak sorbitan mono oleat (SPAN 80) ve poli oksitilen sorbitan trioleat (TWEEN 85) kullanmışlardır. %1,3 SPAN 80 ve %0,7 TWEEN 85 olmak üzere toplamda %2 oranında emülgatör kullanarak HLB oranını 6,5 olarak tayin etmişler. Su yakıt emülsiyon oranı ve püskürtme stratejilerine (ana püskürtmeden önce pilot püskürtmeli veya pilot püskürtmesiz) bağlı olarak NO_x emisyonlarında %50 üzerinde azalma ve PM emisyonunda da en yüksek %94 oranında azalma gözlemlemişler [22].

Ghojel, Honnery ve Al-Khaleefi yaptıkları çalışmada %13 su oranına ve %2 emülgatöre sahip dizel-su emülsiyon yakıtı ile saf dizel yakıtını dizel motorunda deneyerek termodinamik verimi, güç ve yakıt tüketimini incelemişler. Ayrıca

emisyonlar bakımından da incelemişler. Deneyler sonucunda emülsiyon yakıt saf dizelle benzer veya daha yüksek termodinamik verim elde etmişler. Fakat su içeriğinden dolayı aynı güç çıkışında yakıt tüketiminin daha fazla olduğunu belirtmişler. Verimdeki faydanın dışında daha düşük NO_x ve HC emisyonu oluştuğunu gözlemlemişler [23].

Kumar, Kerihuel ve arkadaşları, tek silindri direkt püskürtmeli dizel motorunda saf dizel, saf hayvan yağı ve hayvan yağı emülsiyon yakıtını denemiş ve karşılaştırmışlardır. Emülsiyon yakıtta hacimsel olarak %36,4 etanol, %3,6 emülgatör, %10 su ve %50 hayvan yağı kullanılmıştır. Emülgatör olarak Sorbitan seskuilat (SPAN 83), hayvan yağı olarak da ördek yağı kullanılmıştır. Emülgatörün HLB oranı 3,7'dir. Yardımcı emülgatör olarak da etanol kullanılmıştır. Düşük yüklerde sadece HC ve CO emisyonları, emülsiyon yakıtta saf dizel ve saf ördek yağından elde edilen yakıtı göre, yüksek çıkmıştır. Fakat yüksek çıkış gücünde duman, NO, HC ve CO emisyonlarında şiddetli azalma gözlemlemişlerdir. Ördek yağı emülsiyon yakıtının, saf hayvan yağı yakıtına göre bütün emisyonlarda azalmaya ve motor performansında iyileşmeye neden olduğu gözlemlemişler [24].

Alam Fahd ve arkadaşları, dört silindri turbo şarjlı 2,5 litre direkt püskürtmeli Toyota dizel motorunda %25, %50, %75 ve %100 yüklerde ve 800 min^{-1} 'den 3600 min^{-1} 'e, 400 min^{-1} artışı motor devrine bağlı olarak saf dizel ve %10 su içeren emülsiyon yakıt ile motor performansı, egzoz sıcaklığı ve emisyon değerlerini karşılaştırmışlar. Emülsiyon yakıt ile özgül yakıt tüketiminin arttığını motor gücünün düştüğünü gözlemlemişler. Düşük yük ve düşük hızlarda CO emisyonunun saf dizelden daha fazla olduğunu ve tüm koşullarda NO emisyonlarının ve egzoz sıcaklığının çok daha düşük olduğunu gözlemlemişler [25].

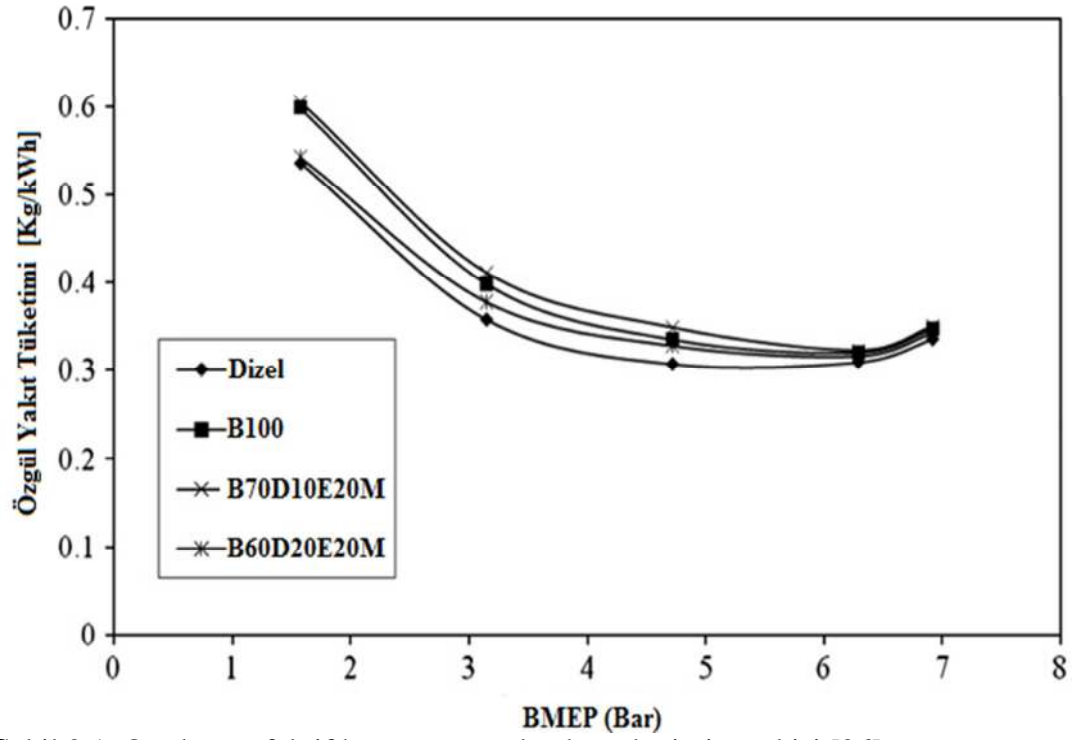
Kanan ve Anand, tek silindri direkt püskürtmeli dizel motoru kullanarak dizel, biyodizel ve biyodizel-dizel-etanol (diestrol) su mikro emülsiyon yakıtlarının 1500 min^{-1} sabit devirde farklı yük şartlarında motor performansı, emisyonları ve yanma karakteristiklerini test etmişler. 21 adet farklı oranlarda emülsiyon yakıt hazırlamışlar ve bunların zamana bağlı ayrışmalarını gözlemlemişler. Kararlı olan %60 biyodizel,

%20 dizel ve %20 etanol (B60D20E20M) ve %70 biyodizel, %10 dizel ve %20 etanol (B70D10E20M) karışımlarıyla saf dizel ve %100 biyodizel (B100) yakıtlarını motorda test edip değerlendirmişler. Çizelge 2.2’de de faz ayrışması olmayan bu iki kararlı emülsiyon yakıtın yanı sıra deneylerde diğer kullanılan yakıtlar ve özellikleri verilmiştir. Bu emülsiyon yakıtlarda 0,5’er mililitre su ve kararlı birer emülsiyon yakıt elde etmek için 4’er gram emülgatör kullanmışlar [26].

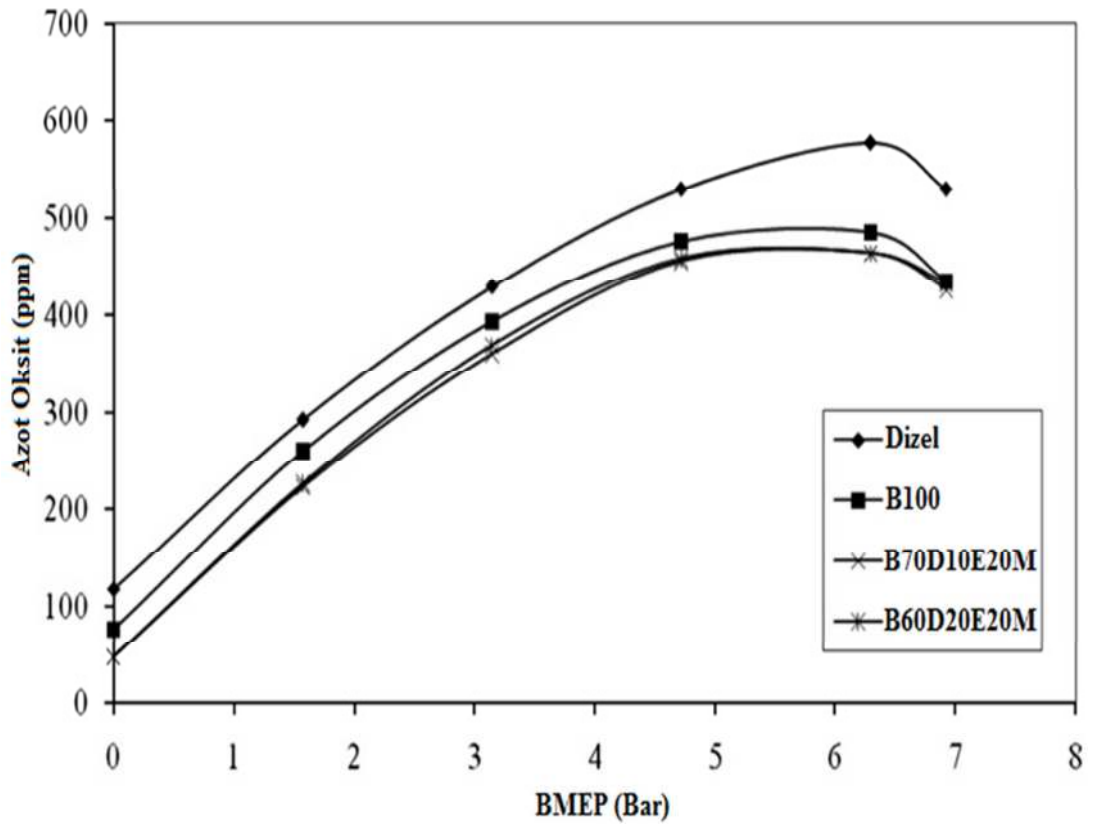
Çizelge 2.2. Yakıtların özellikleri [26]

ÖZELLİK	DİZEL	B100	B70D10E20M	B60D20E20M	ASTM Standart
Yoğunluk 27°C de [kg/m ³]	828,1	866,6	845,83	841,98	ASTM D1298
Kinematik vizkozite (cst) 40°C da	2,41	4,73	3,75	3,52	ASTM D445
Bulutlanma noktası (°C)	0	13	10	10	ASTM D2500
Akma noktası (°C)	-6	9	6	6	ASTM D97
Parlama noktası (°C)	49	170	17,3	16,5	ASTM D93
Yanma noktası (°C)	55	190	-	-	ASTM D93
Kalorifik Değer [Mj/kg]	42,11	38,03	37,18	37,95	ASTM D240

Kanan ve Anand’ın yakıtları kullanarak elde ettikleri motor performansı ve emisyonları aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 2.1. Ortalama efektif basıncın özgül yakıt tüketimine etkisi [26]



Şekil 2.2. Ortalama efektif basıncın azot oksit emisyonuna etkisi [26]

Anna lif ve arkadaşları, Fisher Tropsch (FT) dizel yakıtının içinde su (S/Y) iki fazlı emülsiyon yakıtı hazırlamışlar. Bu emülsiyon yakıtlarda FT dizele %10 ve %20 oranında su katmışlar. Emülgatör olarak %1 oranında sorbitan monolaurat ve gliserol mono oleat kullanmışlar. %1 emülgatörde; %0,28 sorbitan mono laurat ve %0,72 gliserol monooleat kullanmışlar. Ayrıca kararlı hale getirmek ve kararlılığı sürdürebilmek için mikrolifli selülöz kullanmışlar. Emülsiyon yakıtlardaki mikrolifli selülözün konsantrasyonu %0'dan %0,026'ya kadar değişmektedir. Yüksek su içeren emülsiyonların, düşük su içerenden daha kararlı (stabil) olduğunu gözlemlemişler [27].

A. M. Al-Sabagh ve arkadaşları, iyonik olmayan (noniyonik) yüzey aktif madde (emülgatör) kullanarak oluşturdukları yakıtın içinde su (S/Y) emülsiyonlarının damlacık çaplarını ve yüzey aktivite özelliklerini incelemişler. Çalışmalarında farklı hidrofilik-lipofilik denge (HLB) oranına sahip emülgatörler kullanmışlar. HLB oranı 4,3 olan sorbitan mono oleat (SPAN 80), HLB oranı 11 olan emarol 85 ve HLB oranını 10 olarak ayarladıkları bu iki emülgatörün karışımı olan karışım emülgatörü kullanmışlardır. Bu emülgatörlerle dizel yakıtının içine %5, %10 ve %14 oranında su ilave etmişler. Emülsiyon yakıtları 30°C sıcaklık da %5, %6, %7 ve %8 oranında emülgatörler ekleyerek elde etmişler. Ortalama damlacık boyutları 19,3 ve 39 nm arasında ölçmüşler. Ara yüzey gerilimini (γ) 10,85 mN/m karışım emülgatör için, 17,13 mN/m SPAN 80 için ve emarol 85 içinde 12,77 mN/m olarak belirlemişler [28].

Anna lif ve arkadaşları, Fischer Tropsch (FT) dizel yakıtı ve saf dizel yakıtına emülgatörler yardımıyla %20 su ekleyerek emülsiyon yakıtlar hazırlamışlar ve bu yakıtların mikro yapılarını ve yanma emisyonlarını incelemişler. Emülgatör olarak; sorbitan mono oleat alkol etoksilat ve PIBSA esteri karışımı kullanmışlar. Karışım olarak kullandıkları emülgatörde farklı yüzdelerde emülgatör kullanarak emülsiyon yakıt içinde %2 oranında karışım emülgatör kullanmışlar. Motor deneylerini tek silindirli bir dizel motorunda düşük ve orta yüklerde gerçekleştirmişler. Deneyler sonucunda NO_x ve duman emisyonunun FT emülsiyon yakıtta, dizel emülsiyon yakıtına göre bütün yüklerde daha düşük çıktığını gözlemlemişler. Ayrıca NMR

spektrometre ile emülsiyon yakıtların mikro yapı ve damlacık çaplarını incelemişler [29].

Ghojel ve Honnery, hacimsel olarak %13 su, %85 dizel ve %2 katkı maddesini (emülgatör ve setan arttırıcı); kütleli olarak %15,06 su, %82,72 dizel ve %2,22 emülgatör ve setan arttırıcıyı kullanarak emülsiyon yakıt oluşturmuşlar. Bu yakıtı ve saf dizel yakıtını motorda kullanarak ısı dağılımını, yakıt yanma hızını, ısı kayıplarını belirten parametreleri ve ortalama gaz sıcaklığını incelemişler, emülsiyon yakıt ve dizel yakıtından elde ettikleri değerleri karşılaştırmışlar [30].

Neuma de Castro Dantes ve arkadaşları, değişik oranlardaki bitkisel yağ ve dizel karışımlarına emülgatörler ve yardımcı emülgatörler yardımıyla su ekleyerek mikro emülsiyon yakıtlar elde etmişler. Dizel ve bitkisel yağ karışım oranları çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Dizel ve bitkisel yağ karışım oranları [31]

YAKITLAR	KARIŞIM ORANLARI (% HACİMSEL)			
Dizel	80	60	40	20
Biyodizel	20	40	60	80

Sodyum Laurilsülfat (Texapon HBN) ve Hindistan cevizi yağ asidi 2-etanol (Comperlan SCO) emülgatörlerini ve etil, propil ve izoamil alkollerini yardımcı emülgatörlerini kullanmışlardır. Yardımcı emülgatör/emülgatör oranını 0,5, 1,0 ve 1,5 olarak ayarlayıp iki fazlı emülsiyon yakıt elde etmişlerdir. Ürettikleri bu emülsiyon yakıtları dizel motorunda denemişler ve alternatif yakıt olarak uygulanabileceklerini belirtmişler [31].

Nico Samec ve arkadaşları, yakıtın içinde su (S/Y) iki fazlı emülsiyonların yanma karakteristiklerini fiziksel ve kimyasal olarak incelemişler. Deneyler de emülgatör olarak SPAN 85'i düşük miktarlarda kullanmışlar. Dizel yakıtına %10 ve %15 oranında su eklemişler. Motor deneylerini dört silindri hava soğutmalı direkt püskürtmeli kamyon motorunda gerçekleştirmişler. Deneyleri farklı yük şartlarında

gerçekleştirmişler. Deneyler sonucunda özgül yakıt tüketiminde fazla fark olmamasına rağmen NO, NO_x ve duman emisyonlarında azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca sayısal olarak da incelemeler gerçekleştirmişler [32].

Ochoterena ve arkadaşları, dizel yakıtın içinde su (S/Y) iki fazlı emülsiyon ve mikro emülsiyon yakıtları hazırlamışlar. Çizelge 2.4’de oluşturulan yakıtların karışım oranları ve bazı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.4. Yakıtların bazı özellikleri ve karışım oranları [33]

YAKITLAR	BİLEŞENLERİ (%)			Yanma Isısı [Mj/kg]	Yoğunluk [Kg/m ³]
	Dizel	Su	Emülgatör		
Dizel	100	-	-	42,86	835
Emülsiyon	88	10	2	41,00	852
Mikroemülsiyon	80	10	10	40,02	866

Emülgatör olarak %30 etilen glikol, %40 sorbitan mono oleat ve %30 poli izobütilen suksinik anhidrit türü bir polimer kullanılmış. Özellikleri verilen bu üç yakıtın fiziksel özelliklerini, püskürme davranışlarını ve yanma karakteristiklerini incelemişler. Ayrıca yüksek hızlı ölçüm cihazıyla püskürme(sprey) gelişimini, yakıtın atomizasyonunu, damlacıkların penetrasyonunu, buhar penetrasyonunu ve yanma başlangıcını incelemişler. Ayrıca yanma süresi, alev sıcaklığı ve duman konsantrasyonunu incelemişler ve artan yanma süresiyle duman konsantrasyonunun ve alev sıcaklığının azaldığını fark etmişler [33].

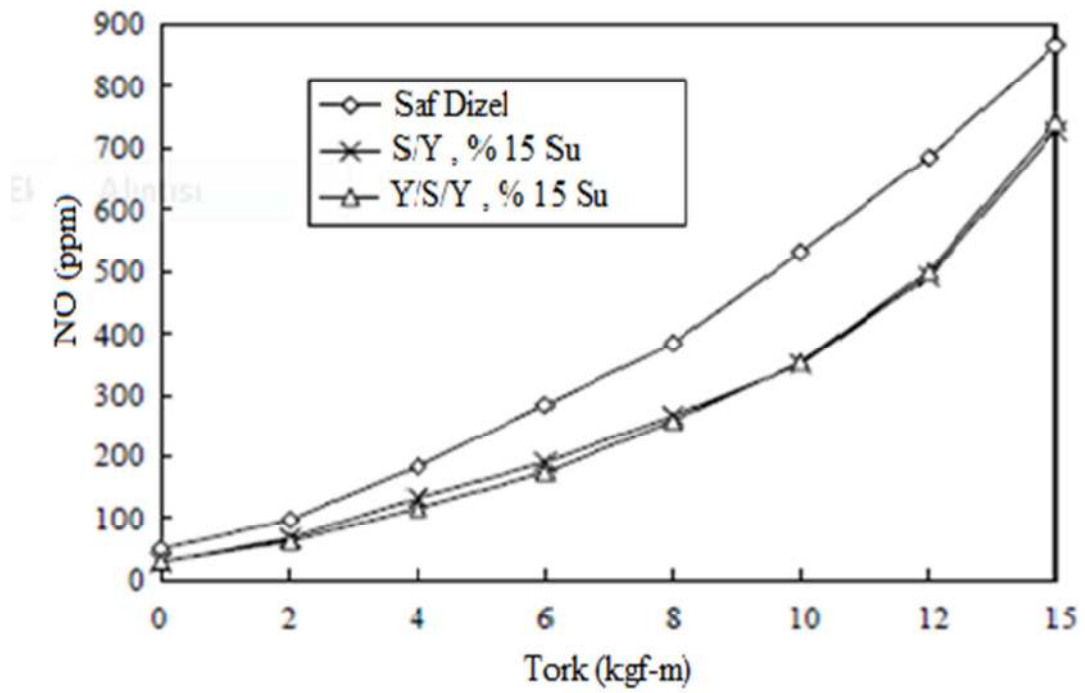
Cherng-Yuan Lin, Kuo-Hua Wang yaptıkları çalışmada, Y/S ve Y/S/Y dizel yakıt emülsiyonları oluşturmuşlar ve bu emülsiyonlarda aynı oranlarda su kullanmışlardır. Oluşturdukları emülsiyonları bir dizel motorunda kullanmışlar ve bu iki ve üç fazlı yakıt emülsiyonlarının, dizel yakıtına göre daha düşük egzoz gazı sıcaklığına sahip olduğunu gözlemlenmiştir. Ayrıca iki ve üç fazlı emülsiyonlarda NO_x, CO oluşumunun daha az olduğunu gözlemlenmiştir [34]. Son olarak da oluşturdukları iki ve üç fazlı emülsiyonları karşılaştırmışlar ve üç fazlı emülsiyonun daha yüksek egzoz gazı sıcaklığına, fakat daha düşük NO_x ve CO emisyonuna sahip olduğunu gözlemlenmiştir [34].

M. Naadem ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada %5, %10 ve %15 su ihtiva eden dizel su (Y/S) emülsiyonları oluşturmuşlar ve motorda test edip, egzoz emisyon değerleri gözlemlenmiş. Deneyler sonucunda motor veriminde azalma gözlemlenmelerine karşılık PM, NO_x, CO, SO_x emisyonlarında da önemli bir azalma gözlemlenmişler. Ayrıca en iyi değerlerin %15 su ihtiva eden yakıt emülsiyonunda elde edildiğini belirtmiş [4].

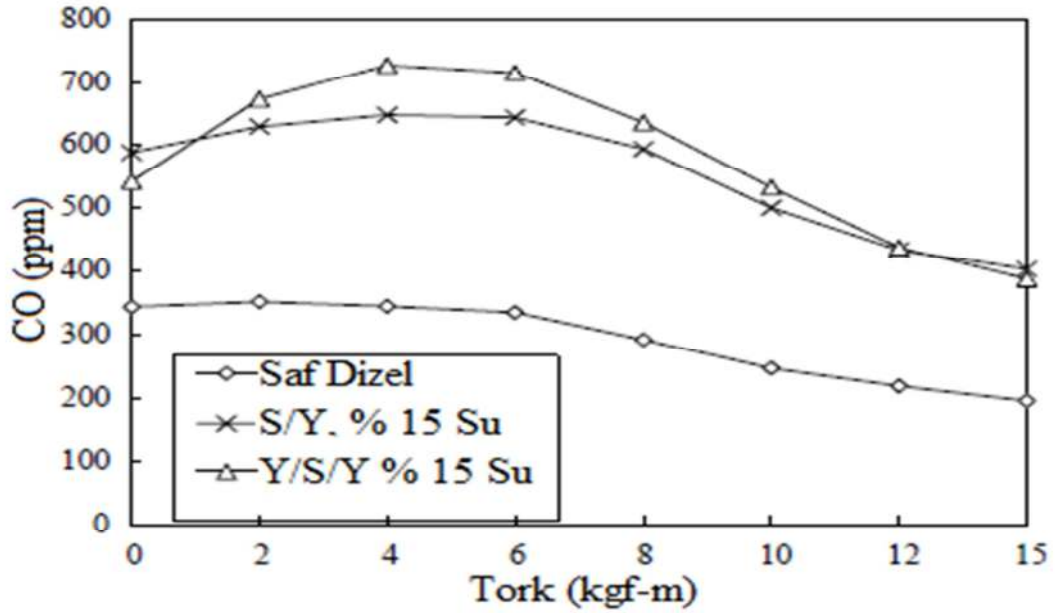
Cherng-Yuan Lin, Li-Wei Chen yaptıkları çalışmada, dizel yakıtı kullanarak Y/S, Y/S/Y ve S/Y emülsiyonları oluşturmuşlar ve bu emülsiyonları birbirleriyle karşılaştırmışlar. Emülsiyon oluşumunda 40 kHz ultrasonik titreşim üreten bir ultrasonik titreşim makinesi kullanmışlar. Bu cihazla üretim süresinin uzatılması Y/S emülsiyonunda, Y/S/Y ve Y/S emülsiyonuna göre daha düşük damlacık çapına sahip emülsiyon damlaları oluştuğunu gözlemlenmişler. Ayrıca titreşim zamanına bağlı olarak Y/S/Y emülsiyonunun Y/S emülsiyonuna göre daha yüksek viskoziteye sahip olduğu gözlemlenmiş. Son olarak da Y/S ve S/Y emülsiyonu hazırlarken %1,5, Y/S/Y emülsiyonu hazırlarken ise %2 emülgatör kullanılmasının uygun olduğu gözlemlenmiş [35].

Cherng-Yuan Lin, Li-Wei Chen yaptıkları bir diğer çalışmada ise; iki fazlı S/Y ve üç fazlı Y/S/Y emülsiyonu oluşturmuşlar. Bu iki emülsiyonu motorda test etmişler ve ayrıca saf dizel yakıtı da test edip sonuçlarını gözlemlenmişler. Bu iki emülsiyonun, dizel yakıtına göre düşük NO emisyonu, PM ve siyah duman yoğunluğu oluşturduğunu belirtmişler, fakat daha yüksek özgül yakıt tüketimine ve yine daha yüksek CO emisyonlarına sahip olduklarını belirtmişler. Ayrıca Y/S/Y emülsiyonunda S/Y emülsiyonuna göre daha fazla özgül yakıt tüketimi olduğu belirtmişler. Aynı zamanda daha fazla CO ve PM emisyonlarına sahip olduğu gözlemlenmiş, buna karşılık daha düşük verim ve siyah duman yoğunluğu elde etmişler. Çalışmalarında %15 su ve %2 emülgatör kullanmışlar. İki fazlı S/Y emülsiyonunda emülgatör olarak SPAN 80 kullanmışlar. Üç fazlı Y/S/Y emülsiyonunu oluştururken de %15 su ve %2 emülgatör kullanmışlar. Emülgatör olarak SPAN 80 ve TWEEN 80 kullanmışlar. Emülsiyon yakıtları oluştururken 600 min⁻¹'de çalışan karıştırıcı kullanmışlar. İki fazlı emülsiyon yakıtı 5 dakika süreyle

karıştırarak üretmişler. Üç fazlı yakıt ise; önce iki fazlı emülsiyon yakıt oluşturmuşlar ve daha sonra da üç fazlıyı elde etmek için emülgatör ve yakıtın içine oluşturdukları iki fazlı emülsiyonu eklemişler ve mekanik karıştırıcı ile 5 dakika karıştırmışlar. Şekil 2.3’de motor torkunun değişimine bağlı olarak NO değişimini ve Şekil 2.4’de de motor torkunun değişiminin CO emisyonları üzerine etkilerini göstermişlerdir [36].



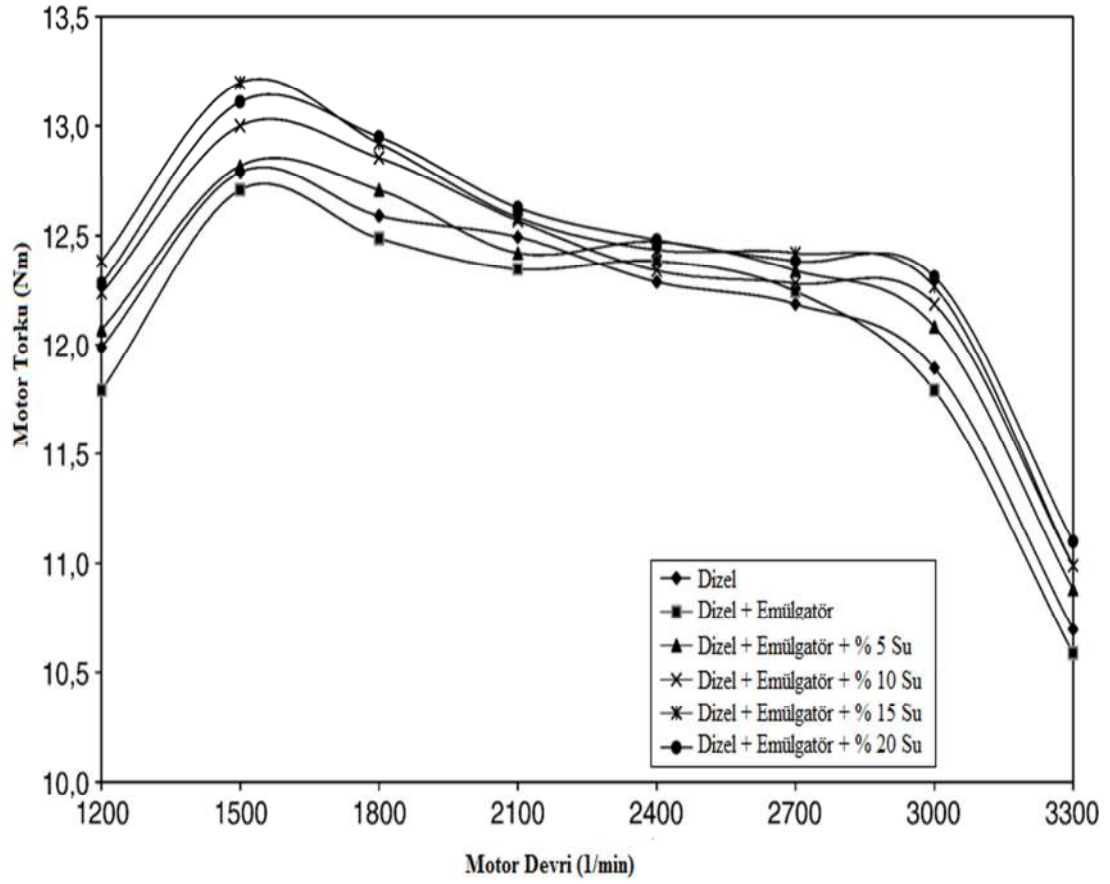
Şekil 2.3. Motor torkuna bağlı olarak NO emisyonlarının değişimi [36]



Şekil 2.4. Motor torkuna bağlı olarak CO emisyonlarının değişimi [36]

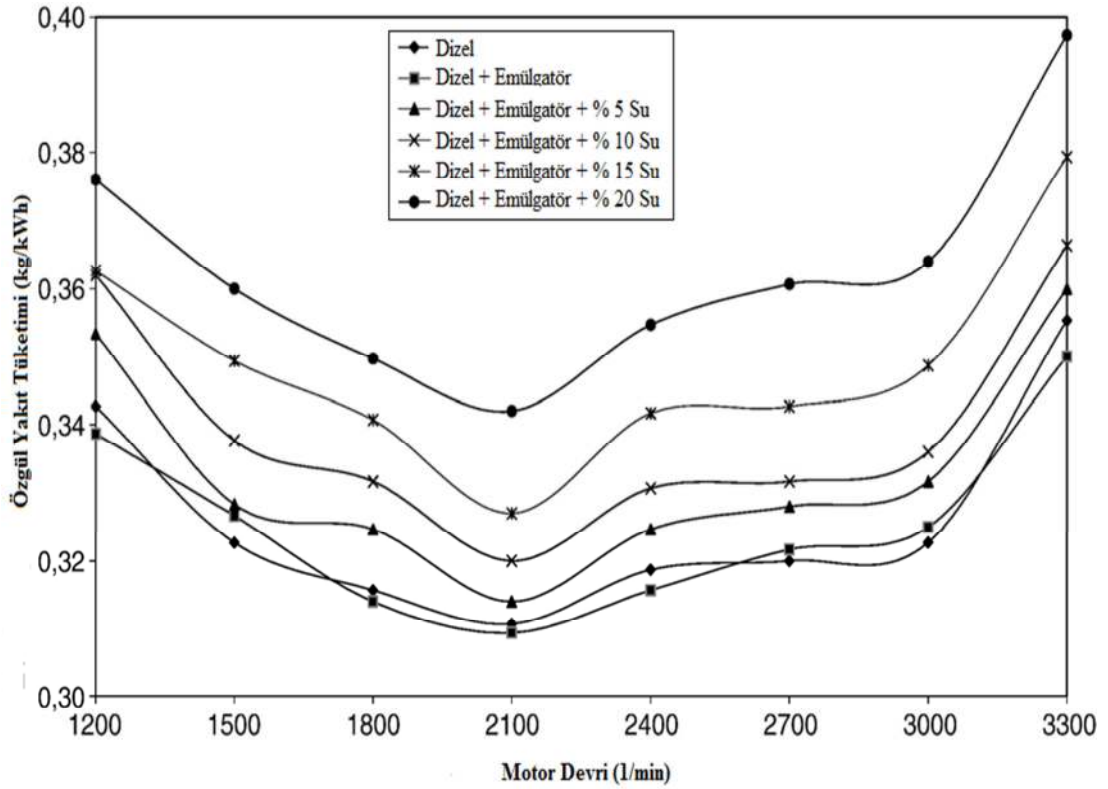
M. Abu-Zaid çalışmasında, direk püskürtmeli tek silindirli bir dizel motoru kullanarak %5, %10, %15 ve %20 su içeren iki fazlı (Y/S) dizel yakıt emülsiyonları oluşturmuştur. Emülsiyondaki su yüzdesi arttıkça motorun gücünün arttığını gözlemlemiştir. Ayrıca motorun torkunun ve verimin arttığını da gözlemlemiştir. Ayrıca suyla oluşturulan emülsiyonların yanma verimini geliştirdiği gözlemlenmiştir. Abu Zaid deneylerinde toplam %2 oranında SPAN 80 ve TWEEN 80 kullanmıştır. Karıştırma işlemini 1500 min^{-1} sabit devirde gerçekleştirmiştir [37].

Şekil 2.5’de dizel yakıtı, dizel ile emülgatör karışımı ve farklı yüzdelerdeki su, dizel ve emülgatör karışımıyla elde edilen emülsiyon yakıtlar ile motor devrine bağlı olarak motor torkunun değişimi verilmiştir [37].



Şekil 2.5. Motor devrine bağlı olarak motor torkunun değişimi [37]

Şekil 2.6’da ise M. Abu Zaid aynı yakıtların motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimlerinin değişimlerini vermiştir.



Şekil 2.6. Motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi [37]

Anna Lif, Krister Holmerg yaptıkları çalışmada, iki fazlı dizel emülsiyonu oluşturmuşlar. Emülsiyon yakıtın NO_x ve PM emisyonlarını azalttığı ve ayrıca yanma verimine bağlı olarak yakıt tüketimini azalttığını gözlemlemişler. Diğer taraftan emülsiyondaki su oranı arttıkça HC ve CO emisyonlarının arttığı da gözlemlenmiş, ayrıca dizel yakıtına su katılarak oluşturulan yakıt emülsiyonunun yanma verimini geliştirdiğini gözlemlemişler [8].

L. Broniarz-Press ve arkadaşları, dijital mikro fotoğraf yöntemini kullanarak yakıt tankında, enjektör memesinde, pompa ve ölçme ünitelerindeki sıvı akışını test etmişlerdir. Akış oranları; sıvı fazı için 0,0014'den 0,0011 (dm^3/s), gaz fazı için ise 0,28'den 0,4 (dm^3/s) arasında değişmekte olduğunu belirtmişler. Karışma yöntemini kullanarak yakıt, su ve emülgatörü 20 dakika süreyle karıştırarak emülsiyon yakıtları elde etmişler. Elde ettikleri emülsiyon yakıtların viskoziteleri ve yoğunluklarını belirlemişler. Deneyler sonucunda fotoğraflardan sıvı atomizasyonu esnasında damlacıkların çok farklı boyutlarda oluştuğunu gözlemlemişler. En küçük damlacığın

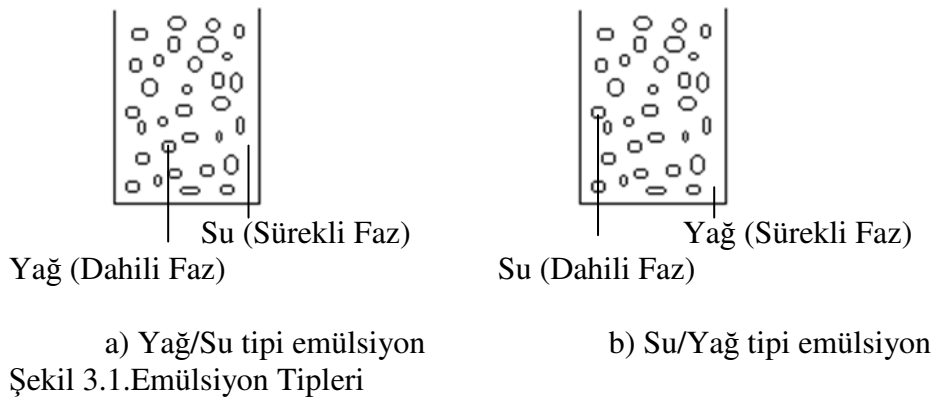
10 μm olduğunu belirtmişler. Sıvı fazındaki fiziksel değişime, püskürtme karakteristiğindeki değişikliklerin önemli bir etkisi olduğunu belirtmişler. Su ve emisyonların atomizasyon proseslerinde; gaz ve sıvı akış oranlarında damlacık boyutlarının enjektör memesi ve yakıt özelliklerine bağlı olduğunu belirtmişler. Damlacık boyutunun emülsiyonun viskozitesi ile arttığını belirtmişler [38].

M. R. Noor El-Din yaptığı çalışmasında, su, iyonik olmayan emülgatörler ve kerozen (uçak) yakıtı kullanarak iki fazlı S/Y emülsiyon yakıtları üretmiştir. %5, %7, %10 ve %14 su içeren emülsiyon yakıtlar üretmiştir. Emülgatör olarak HLB oranı 4,3 olan sorbitan mono oleat, HLB oranı 11 olan etoksilenmiş sorbitan trioleat ve HLB oranı 10 olan bu iki emülgatörün karışımını kullanmış. Emülsiyon kararlılığına; su yüzdesinin, sıcaklığın ve emülgatör konsantrasyonunun etkilerini incelemiştir. Tek tek ve karışım olarak emülgatörleri kullanarak oluşturduğu emülsiyon yakıtların dinamik ara yüzey gerilimlerini ve termodinamik özelliklerini incelemiştir. Karışım emülgatör kullanılarak elde edilen emülsiyon yakıtlarda su yüzdesi, sıcaklık ve emülgatör konsantrasyonuna bağlı olarak oluşan damlacıkların ortalama boyutlarının 45 ile 170 nm arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Nano emülsiyonları oluştururken ilk olarak farklı su yüzdelere, 20/80 oranında sorbitan mono oleat/etoksilenmiş sorbitan trioleat emülgatörlerini ve kerozen yakıtını eklemiş ve 600 min^{-1} sabit hızda karıştırmış. Daha sonra da 20.000 min^{-1} 'de 3 dakika ve son olarak da 10.000 min^{-1} 'de 3 dakika karıştırmış. Bu işlemleri 30°C ' de gerçekleştirmiş. Karışım emülgatörlerin, tek tek kullanılanlara göre daha düşük ara yüzey gerilimine sahip olduğunu belirtmiş [39].

3. EMÜLSİYONLAR

Emülsiyonlar, birbiriyle karışmayan iki sıvının birbiri içinde dağılmasından oluşmuş, homojen görünümlü heterojen sistemlerdir. Termodinamik olarak dayanıklı değildirler. Emülsiyondaki sıvılardan dağılmış damlacıkları (globülleri) içerenler, karışımın iç fazını, diğerleri ise karışımın dış fazını (sürekli faz) oluşturmaktadır [41].

Karıştırılan iki sıvıdan biri (dağılan faz), öbürü (dağınilan faz) içinde dağılmış durumdadır. Emülsiyon oluşturmak için gerçekleşen bu sürece emülsifikasyon denir. Emülsiyonu elde etmek için emülgatörler kullanılır. Bir emülgatör (emülsifikatör, sürfaktant emülsifiyer, emüljen veya yüzey aktif madde olarak da bilinir) bir emülsiyonu kararlı kılan, genelde sürfaktan özellikli bir maddedir.



3.1. Emülgatörler (Yüzey Aktif Maddeler)

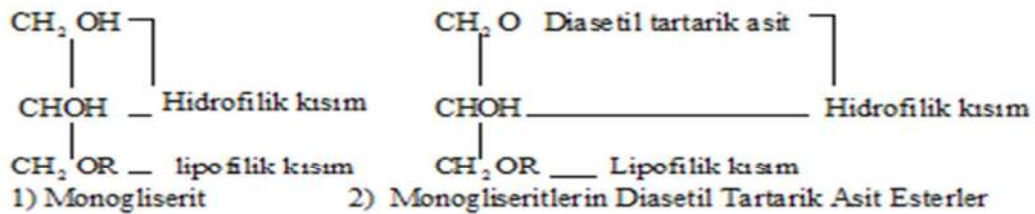
Kararlı emülsiyonları oluşturmak için birbiri içinde karışmayan maddeler emülgatörlerdir. Gıda endüstrisinde geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Emülgatörler konusuna ayrıntılı girmeden önce emülsiyonun bir tanımını vermek gerekir [42]. Emülsiyon, bir sıvının diğer bir sıvı içindeki kararlı dağılımıdır [43]. Emülsiyonlar, üretildikleri anda çok iyi bir şekilde karıştırılmış olsalar bile zamanla karışımı oluşturan fazlar birbirinden az veya çok oranda ayrılmaktadırlar. Bu durumda ürün, kullanılabilirliğini büyük ölçüde kaybetmekte ve tüketicinin

beğenmeyeceği bir hal almaktadır. Örneğin, çikolatadan kakao yağının ayrılması durumunda çikolata tüketilebilirliği büyük oranda azalacaktır [42].

Emülgatörler, yapımı ilerleten maddelerdir [43]. “Emülsifierler”, “Yüzey Aktif Maddeler” ve “Sürfaktantlar” adıyla da bilinen bu maddeler, yüzey gerilimini azaltarak, buna bağlı olarak karıştırılacak olan maddelerin ince dispers yapıya kavuşmalarını sağlayan maddelerdir [44]. Oluşturulan emülsiyonların ömürlerini uzatmaya bağlı olarak meydana gelebilecek fiziksel kusurlarını önleyen, viskozite, tekstür ve duyuşsal nitelikleri ile ilgili olumlu etkilere yol açan emülgatörler, günümüzde çok yaygın olarak kullanılan gıda katkı maddelerinden birisidir [45].

3.1.1. Yüzey aktif madde molekülünün yapısı

Yüzey aktif maddelerin en önemli özelliği, hidrofilik ve lipofilik gruplar içermesidir. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi surfaktant madde molekülündeki yağ asidi zinciri, molekülünün hidrofilik kısmını; OH grupları, organik asitler veya tuzlar, polietilen zincirleri ise hidrofilik kısmını oluşturmaktadır [46].



Şekil 3.2.Yüzey Aktif Madde Molekülünün Yapısı [46]

Bir yüzey aktif madde molekülünün fonksiyonelliği, büyük ölçüde bu madde molekülünün bir ucunun suya karşı ilgisinin fazla olmasından (Polar, Hidrofilik, suda çözülen) diğer ucunun ise yağlara karşı ilgisinin fazla olmasından (Nonpolar, Lipofilik, yağda çözünen) kaynaklanmaktadır.

Şekilde görüldüğü gibi, yüzey aktif maddeler lipofilik ve hidrofilik grupları farklı oranlarda içermektedirler [43]. İdeal bir surfaktant madde molekülünde bu gruplar arasında uygun bir dengenin bulunması istenmektedir.

Bir surfaktant maddenin içerdği hidrofilik ve lipofilik grupların miktarı ve birbirlerine oranı “Hidrofilik-Lipofilik Denge” (HLB) olarak ifade edilmektedir [47]. Bu HLB, “hydrophilic-lipophilic balance” kelimelerinin baş harflerinden oluşur ve bize hidrofilik ve lipofilik grupların çeşitli emülgatör molekülündeki kuvvetlilik miktarını belirler [43].

Yüzey aktif maddenin HLB değeri; o yüzey aktif maddede bulunan hidrofilik grupların kuvvet ve miktarının, lipofilik grupların kuvvet ve miktarına oranı olup 1’den 20’ye kadar değişmektedir [48]. Bu tanıma göre:

HLB sayısı düşük olan yüzey aktif maddeler (9’dan aşağı) lipofilik, yüksek olanlar ise hidrofilik özellik taşımaktadırlar. Pratik olarak bir surfaktantın HLB sayısı o surfaktant madde molekülünün polar kısmının ağırlık olarak yüzdesinin 5 sayısına bölünmesiyle elde edilir. Örneğin, lesitin molekülünde hidrofilik kısımlar molekülün ağırlık olarak %45’ini teşkil ediyorsa, bu maddenin HLB sayısı $45/5 = 9$ ’dur [47].

Yüzey aktif maddelerin sahip oldukları HLB sayısına göre kullanım alanları belirlenir [49];

- Yüksek HLB’ye sahip emülgatörler. (HLB 8-18 arası) daha hidrofiliktir ve kararlı O/W (yağ/su) dağılımları yapımında kullanım alanı bulurlar. Örneğin süt ve mayonez.

- Düşük HLB’ye sahip olanlar (HLB 1-6) lipofiliktir ve W/O dağılımında yer bulurlar. Örneğin tereyağı.

- Orta HLB’ye sahip emülgatörler (7-9) hem W/O, hem de O/W emülsiyonlarında kullanılırlar.

Çizelge 3.1’de yaygın olarak kullanılan birkaç emülsifierlerin HLB aralıkları görülmektedir.

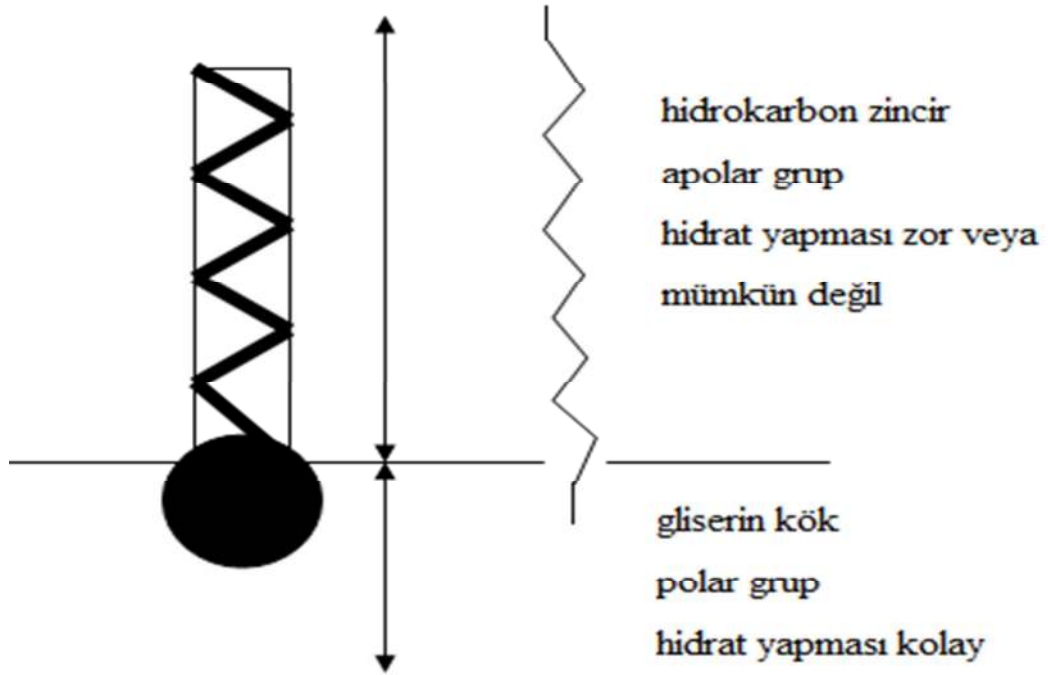
Çizelge 3.1. Birkaç Yaygın Gıda Emülgatörlerinin HLB Aralıkları [49]

Emülsifierler	HLB değerleri
Gliseritler	
Ethoxylated monogliserit	12-14
Gliserit Esterler	7-13
Monogliseritler	2-6
Lesitinler	2-12
Polietilenler	
Polietilen glikol esterler	12-17
Polioksietilen esterler	4-18
Polisorbatlar	14-18
Sorbitan esterler	2-17
Sakaroz esterler	1-15

3.1.2. Emülgatörlerin genel özellikleri

Emülgatörler veya surfaktantlar aşağıdaki şekilde karakterize edilir;

- Aynı molekülde iki karşıt görevi veya grupları vardır. Bütün emülgatörler veya surfaktantlar hidrofilik veya lipofilik (oleofilik) gruplara sahiptirler. Bu onların en temel özelliğidir [49]. Bu grupların kombinasyonları, surfaktantların iç yüzey aktivite özellikleri için gereklidir [50]. Şekil 3.3’de emülsifierlerin yapısı görülmektedir.



Şekil 3.3. Emülsifierlerin Yapısı [51]

- Gıda maddeleri üretiminde kullanılan emülgatörlerin hazmedilebilir özellikte ve fizyolojik yönden temiz olması gerekir [44].
- En azından bir fazda çözülebilir, eriyebilir olmalıdır.
- Ara yüzlerde, yağ-su ara yüzünde konsantrasyona benzerlik ile ara yüzlerin dış yüzeyine nüfus ederler.
- Ara yüzlerde, genellikle tekli katmanlarda spesifik yönelmeyi benimserler.
- Miseller veya moleküler bütünü şekillendirirler.
- Temizleme, yayılma, emilme, köpüklenme, eriyebilirlik veya nemlendiricilik gibi bazı fonksiyonel özellikler eklerler [43].
- Gıdaların uzun süre aynı yapıda (homojen) kalmalarını sağlarlar [44].

- Sıvının yüzey davranışını değiştirip, yüzey gerilimini azaltarak emülsiyon kararlılığını geliştirirler [46].
- Emülsifierler, hidrofilik ve lipofilik yapı bloklarının kombinasyonları ile sentezleme olasılıkları sınırsızdır [51].

3.1.3. Emülgatörlerin sınıflandırılması

Yüzey aktif maddeler, yapılarına ve gösterdikleri davranışlarına göre sınıflandırılabilirler. Hidrofil grupların cinsine göre, iyonik olan ve olmayanlar şeklinde iki gruba ayrılırlar. İyonik tip emülsifierler, bir organik lipofilik gruba ve bir hidrofilik gruba sahiptirler. İyonik tip emülsifierler, kendi içlerinde hidrofil gruplarının elektrik (iyon aktif grupların) yüküne göre anyon aktif veya katyon aktif emülgatörler olarak ikiye ayrılmaktadır. İyonik olmayanlar ise, hidrofil grupları olarak hidroksil grubu, keton grubu, eter grubu ve diğerlerini içermektedir. Bu grubun bağlı hidrofilitesi düşük olduğundan, yüzey aktif etkilerinin yüksek olabilmesi için miktarının fazla olması gerekir [44].

Yüzey aktif maddeleri yapılarına, iyonik ve iyonik olmayan (noniyonik) bileşiklere karşı olan aktivitelerine göre şu şekilde sınıflandırılabilir [46];

A) Doğal olarak mevcut olan yüzey aktif maddeler

- 1) İyonik olanlar
 - a) Safra tuzları
 - b) Fosfolipitler
- 2) Noniyonik olanlar
 - a) Kolesterol
 - b) Saponin

B) Yapay olarak elde edilen yüzey aktif maddeler

- 1) İyonik olanlar
 - a) Sabunlar

- b) Diacetyl Sodyum Sülfosüksinat
- 2) Noniyonik olanlar
 - a) Propilen glikol monoesterleri
 - b) Gliserol monoesterleri
 - c) Sorbitan esterleri
 - d) Sakaroz esterleri
 - e) Poligliserol esterleri
 - f) Polioksietilen esterleri
 - g) Polioksietilen sorbitan esterleri
 - h) Karışık esterler (laktat, tartarat, süksinat, oleat vb.)

Doğal emülsifierler, suda veya yağda dağılan yağ globüllerini (küreciklerini) tutan maddelerdir. Bunlar olmadan mayonez, su ve yağ katmanı olarak ayrılırdı. Mayonez emülsiyonu yumurta sarısı ile ayarlanabilir ama en iyisi olarak lesitin bilinir. Lesitin ve diğer fosfolipit emülsifierler, hayvan ve bitki dokularında, yumurta, süt ve yağda bulunur. Onlar olmadan mayonez, margarin ve salata harcı gibi gıdalar kararlı bir yapıda elde edilemezdi [52].

Gıda endüstrisinde kullanılan en önemli yapay emülgatörler, iyonik yapıda olmayanlardır. Monogliseritin diasetil tartarik asit esterleri, şeker esterleri (yağ asidi metil esterlerin sakaroz ve laktoz ile oluşturduğu esterler), sorbitan esterleri (sorbitolün yağ asitleriyle oluşturduğu esterler) vb. bileşikler bu amaçla en çok kullanılanlardır [53].

Emülsifierler, değişik kriterlere göre de sınıflandırılabilir. Örneğin; sudaki hidrofilik grupların miktarı, lipofilik gruplar, değişik maddelerde ki çözünürlük, hidrofilik grupların-lipofilik gruplara oranı, kristal form ve su ile interaksiyonları sırasında emülsifier moleküllerinin sıralanması gibi [51].

Emülgatörlerin ilk akla gelen işlevi, yağın-suda, suyun-yağda oluşturduğu emülsiyonlardaki işlevleridir [45]. Su içinde yağ “Y/S”, yağ içinde su “S/Y” ile ifade

edilebilir. Örneğin; süt (Y/S), tereyağ (S/Y) ve mayonez (Y/S) tipinde emülsiyonlardır [53].

Çizelge 3.2. Yüzey aktif maddelerin oluşturduğu sistemler

SİSTEM	SÜREKLİ FAZ	DAĞILAN FAZ
Emülsiyon	Sıvı	Sıvı
Köpük	Sıvı	Gaz
Süspansiyon	Sıvı	Katı
Aerosol	Gaz	Sıvı

Emülsifierler, yağlı besinlerden yağların ayrışmasını önlerler [42]. Örneğin; tahin helvasında, yağın ayrılarak yüzeyde birikmesi gibi. Bu istenmeyen ve önemli bir problemdir. Özellikle homojen yapıda gıda elde edilebilmesi için, mutlaka emülgatörlere ihtiyaç duyulur.

3.2. Emülsiyonların Üstünlükleri

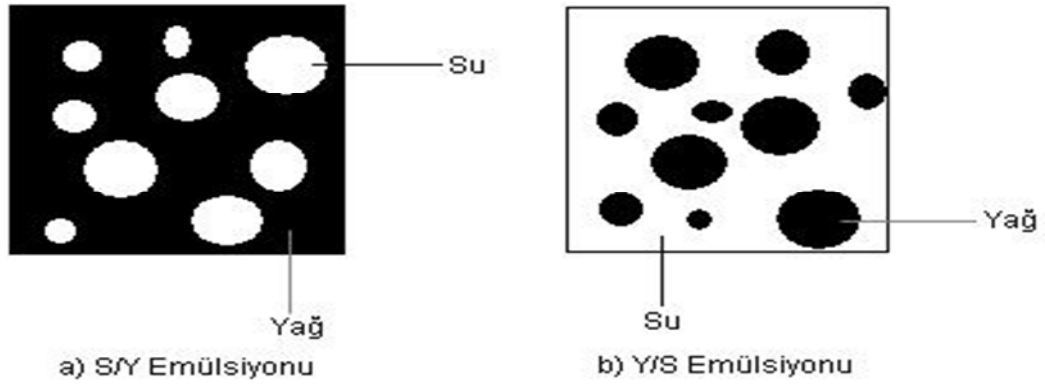
Bu bölüm Nevin ÇELEBİ’den alıntıdır[77].

- “Tadı kötü olan etkin maddelerin oral yolla kullanımlarında istenmeyen tat ve kokular maskelenebilir. Örneğin hint yağı, balık yağı ve yağda çözünen vitaminler (A, E vit.) yağ/su tipi emülsiyon şeklinde hazırlandıklarında kolaylıkla içilebilirler.
- Etkin maddelerin katı ilaç şekillerine göre emilimleri artırılabilir.
- Etkin maddenin emilimi ve penetrasyonu kontrol edilebilir.
- Peptitler (insülin, kalsitonin, v.b) ve heparin gibi makro moleküllü maddelerin gastrointestinal (GI) kanalda emilimleri artırılabilir.
- Çözeltilere oranla etkin maddenin kimyasal stabilitesi sağlanabilir.

3.2.1. İki Fazlı Emülsiyon Tipleri

Emülsiyonlar fazlarına göre Y/S ve S/Y tipi emülsiyonlar olarak sınıflandırılır. Eğer emülsiyon, yağ damlacıklarını su içinde içeriyorsa Y/S (su içinde yağ) emülsiyonu

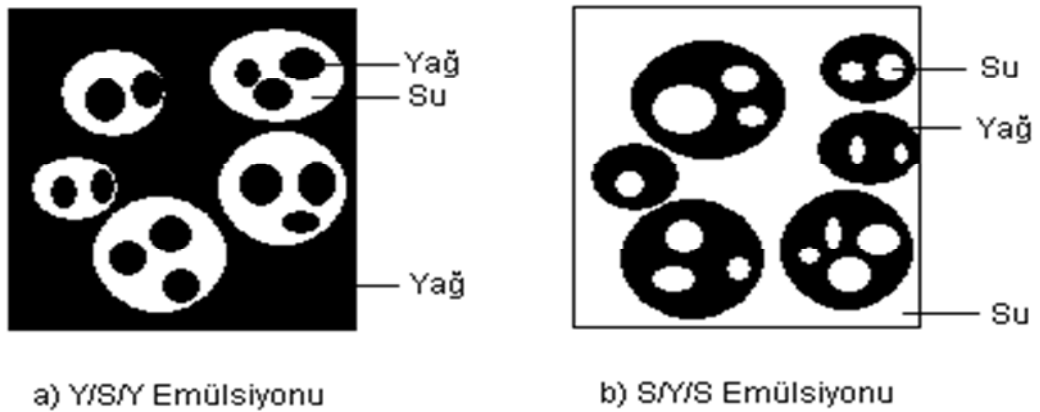
ve su damlacıklarını yağ içinde içeriyorsa S/Y (yağ içinde su) emülsiyonu olarak tanımlanır [54] (Şekil 3.4). Yağ ve su fazı her zaman tek bileşen değildir. Her faz yardımcı maddeleri de içerebilir.



Şekil 3.4. İki fazlı emülsiyon tipleri

3.2.2. Çoklu (üç fazlı) Emülsiyon Tipleri

Üretim ve stabilitelelerindeki sınırlamalar nedeniyle son 30 yıldır en fazla çalışma yapılan emülsiyonlardır. Karmaşık sistemler olup, emülsiyonların emülsiyonu olarak tanımlanırlar. S/Y/S veya Y/S/Y olmak üzere iki tipte hazırlanabilirler [55].



Şekil 3.5. Üç fazlı emülsiyon tipleri

Dispers faz içinde dış faz ile aynı yapıya sahip daha küçük damlacıkların dağıldığı emülsiyon sistemleridir. Sistemde iki emülsiyon bulunduğu için çift emülsiyonlar olarak da bilinirler [56]. En iç faz ile en dış faz aynı olabileceği gibi, birbiri ile karışabilen iki farklı maddeden de oluşabilirler. $S_1/Y/S_2$ veya $Y_1/S/Y_2$ şeklinde gösterilebilirler. Hem farmasötik, hem de kozmetik amaçla kullanıma uygun ve ümit verici olarak kabul edilirler [57, 58].

Çoklu emülsiyonların üstünlükleri aşağıda belirtilen şekilde sıralanabilir [59, 60]:

- Etkin madde çevresel etkenlerden korunabilmektedir.
- Birbiri ile geçimsiz bileşiklerin farklı fazlara konularak tek bir preparatta bira raya getirilebilmesi mümkün olmaktadır.
- Etkin maddelerin sürekli ve kontrollü salımı sağlanabilmektedir.
- Veziküler sistemler oldukları için hedefleme amacıyla kullanılabilir.

Fiziksel ve termodinamik olarak dayanıklı olmamaları, hazırlanmalarının zor ve üretimlerinin tekrarlanabilir olmaması, salım mekanizmalarının tam olarak anlaşılmamış olması nedeniyle endüstride büyük ölçekli üretimleri sınırlıdır [58, 61].

Çoklu emülsiyon hazırlanmasında en önemli nokta, yüzey etkin maddenin seçimi ve oranlarının belirlenmesidir. Bu maddelerin HLB değeri çok önemlidir. HLB değerleri birbirinden çok farklı iki emülgatör kullanılır. Lipofilik emülgatör, Y/S tipi primer emülsiyonun oluşumunda, su damlacıkları ile dış faz yağ ara yüzeyine yerleşir. Hidrofilik emülgatörler ise, S/Y/S tipi çoklu emülsiyonlarda, dış su fazı ile primer emülsiyonun dış fazı olan yağ fazı ara yüzeyine yerleşerek çoklu emülsiyonların oluşumunu sağlarlar [62]. Genellikle S/Y/S tipi çoklu emülsiyon sistemi için primer yüzey etkin maddenin HLB değerinin 2-7 arasında, sekonder yüzey etkin maddeninkinin ise, 6-16 arasında olması önerilmektedir [63]. Düşük derişimlerdeki yüzey etkin maddelerle hazırlanan emülsiyonlar dayanıklı olmaz, hızla parçalanırlar. Yüksek derişimde ise, sistemin viskozitesi ve dayanıklılığı artar; ancak toksisitesi yönünden zararlı olabilir. Çoklu emülsiyonların dayanıklılığını artırmak üzere iç faza hidrofilik makro moleküller (proteinler, aminoasitler, karboksivinil türevleri vb), dış

faza viskozite arttırıcı ve jel yapıcı (arap zımkı, jelatin, Avicel RC591, Carbopol 1342, kolloidal mikrokristalin selüloz vb) maddeler eklenebilir [64, 65]. Ayrıca soya lesitini ve poligliseril yağ asidi esterleri deve yağ fazına ilave edilen alüminyum tuzlarının da dayanıklılığı arttırdığı gösterilmiştir [66, 67]. S/Y/S tipi çoklu emülsiyonların iç fazına ilave edilen elektrolitler (NaCl, MgCl₂ gibi) osmotik etki ile dayanıklılığı artırır [68].

Farklı tipte ve derişimlerde primer emülsiyonların incelendiğı S/Y/S çoklu emülsiyonlarında, etkin madde salımının ve formülasyonun fiziksel stabilizesinin değışken olduğı bulunmuştur [69].

Coklu Emülsiyon Hazırlanması :

Bir emülsiyon, bir sıvıyı diğeri içerisinde çok sayıda damlacıklara bölerek hazırlanır. Bunun için damlacıkların birbirlerine yaklaşmalarını önlemek ve oluşan damlacıkların stabilizasyonunun sağlanması gerekmektedir. Bu amaç için kullanılan aletler dört kategoride incelenebilir [70, 71]:

- Mekanik karıştırıcılar
- Homojenizatörler
- Kolloit değirmenleri
- Ultrasonifikasyon aletleri

Emülsiyonlar üretim boyutuna bağılı olarak değışik yöntemlerle hazırlanabilirler. Küçük ölçekli emülsiyonlar laboratuarda, havanda veya el tipi karıştırıcı aletlerle hazırlanabilirler. Endüstride ise, büyük Ölçekli emülsiyon hazırlamak için yukarıda belirtilen aletler kullanılır.

Genel olarak iki basamaklı emülsifikasyon, tek basamaklı emülsifikasyon ve faz dönüşüm yöntemleri ile hazırlanır [72, 73]. Formülasyon geliştirilmesinde, karıştırma hızı, süresi ve sıcaklık çok önemlidir. Karıştırıcının tipi ve karıştırma hızı,

emülsiyonun damlacık büyüklüğü ve viskozitesine ve dolayısı ile emülsiyonun stabilitesine etki eder. Primer emülsiyon hazırlanırken karıştırma hızının yüksek, sekonder emülsiyon için ise düşük olması önerilmektedir [74]. Hem primer, hem de çoklu emülsiyon hazırlanırken sıcaklığın kontrol edilmesi gerekmektedir. Primer emülsiyonu hazırlama süresinde sıcaklığın yüzeyler arası gerilim, sürfaktanın lipofilitesi ve bir fazın diğeri içinde dağılması üzerine çok önemli etkileri bulunmaktadır. Primer emülsiyon için sıcaklığın genellikle 70°C, sekonder (çoklu emülsiyon) emülsiyon için ise 25°C olması istenir. Sıcaklıktan etkilenen maddeler için oda sıcaklığında iki basamaklı hazırlama yöntemi en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde, ilk basamakta, istenen çoklu emülsiyonun tipine uygun olarak (S/Y veya Y/S) primer emülsiyon hazırlanır. Hazırlanan bu primer emülsiyon daha sonra sekonder emülgatör içeren dış faz içinde tekrar emülsifiye edilir. Sonuçta S/Y/S veya Y/S/Y tipi çoklu emülsiyon oluşur. Tek basamaklı yöntem iki basamaklı yöntemle göre daha kolaydır. Bu yöntemde iç ve dış faz aynı yapıdadır. ($S_1/Y/S_1$ veya $Y_1/S/Y_1$). Yüzey etkin madde içeren iç faza dış faz ilave edilebilir veya yüzey etkin madde içeren dış faza iç faz ilave edilebilir [54]. Bileşenlerin lameller sıvı kristal fazı veya yağlı izotropik fazı oluşturulduğunda, bu yöntem uygulanabilmektedir.

Faz dönüşüm yöntemi iki basamaklı emülsiyon yöntemine benzer. İki basamaklı emülsifikasyonda primer emülsiyon dış faza eklenirken, hazırlanmalıdır. Faz dönüşüm yönteminde, dış su fazı primer emülsiyona eklenir.

Sıcaklık etkisi ile noniyonik yüzey etken maddeler suda daha az çözünür hale gelir ve ara yüzeyden göç ederken Y/S emülsiyonları faz inversiyonuna uğrar ve S/Y/S emülsiyonu oluşur [69].”

4. MATERYAL METHOD

Yapılan çalışma iki aşamadan meydana gelmektedir. Çalışmanın birinci aşamasında dizel yakıt, saf su ve çeşitli emülgatör yardımıyla belirli oranlarda karıştırılarak yeni emülsiyon yakıt numuneleri oluşturulmuştur ve ikinci aşamada ise; oluşturulan bu yeni emülsiyon yakıtlar ve saf dizel 4 zamanlı 4 silindirli su soğutmalı turbo şarjlı dizel motorunda kullanılmış, motor performans ve emisyon testleri yapılmıştır.

4.1. Test Yakıtları

Emülsiyonları oluşturabilmek ve stabilizasyonunu sağlayabilmek için birbiri içinde karışmayan suyu ve yağı absorbe eden, yağ (dizel, biyodizel vs.) ile suyun karışmasını ve dengede kalabilmesine yardımcı olan emülgatörler kullanılmaktadır [12]. Bu çalışmada ana emülgatör olarak sorbitan monooleat (SPAN 80) ile polioksietilen sorbitan monooleat (TWEEN 80), yardımcı emülgatör olarak su çözücü olarak bilinen mono etilen glikol kullanılmıştır. TWEEN 80 ve mono etilen glikol suya eklenmiş SPAN 80 ise dizel yakıtına eklenmiştir.

SPAN 80 emülgatör türlerinden sorbatlar grubuna girmektedir. Koyu sarı ile kahverengi arasında bir renge sahiptir ve görünüm olarak balı andırmaktadır ve HLB oranı 4,7'dir. SPAN 80, TWEEN 80'e göre daha yoğun bir kıvama sahiptir. SPAN 80, S/Y emülsiyonu oluştururken yakıtın içine istenen hidrofilik lipofilik denge oranını (HLB) sağlayacak şekilde konur ve daha sonra su ilave edilerek emülsiyon oluşturulur.

TWEEN 80, emülgatör türlerinden polisorbitatlar grubuna girmektedir ve HLB oranı 15'dir. Y/S emülsiyonu oluştururken suyun içine istenen HLB oranını sağlayacak miktarda TWEEN 80 konularak karıştırılır ve daha sonra bu karışıma yakıt ilave edilir. Böylece Y/S emülsiyonu hazırlanmış olur. Mono Etilen Glikol ise yardımcı emülgatördür. Su çözücü ve donmayı önleyici olarak kullanılan bir polioldür [35,40].

Çizelge 4.1. Emülsiyon yakıtlarının hacimsel içerikleri (%)

Yakıt	Dizel	Saf Su	Span 80	Tween 80	Mono Etilen Glikol
E1	92	5	0,9	1,1	1
E2	87	10	0,8	1,2	1

Çizelge 4.1’de emülsiyon yakıtlarının oluşturulmasında kullanılan emülgatör, su ve dizel oranları verilmiştir. Bu iki numune hazırlanırken aynı işlem basamakları takip edilmiştir. Numuneleri hazırlamak için 3200 min^{-1} dönme hızına ve 710 Watt güce sahip Black and Decker marka matkap ucuna çırpıcı ucu takılarak karıştırıcı olarak kullanılmıştır. Ayrıca matkapta hız sabitleyicisi bulunmakta olup deneyler boyunca 3200 min^{-1} sabit hızda çalışılmıştır. Numunelerin hazırlanmasında öncelikle Y/S iki fazlı emülsiyonu oluşturulmuş daha sonra oluşturulan emülsiyon dizel yakıtına emülgatörler yardımıyla eklenerek Y/S/Y çoklu emülsiyon yakıtları elde edilmiştir. Yakıtların hazırlanması 25°C ’ de gerçekleştirilmiştir.

4.2. Deney Düzenegi

Deneyler 4 zamanlı 4 silindirli su soğutmalı turbo şarjlı dizel motorunda ve Cussons P8653 motor test düzeneğinde yapılmıştır. Resim 4.1’de P8653 dinamometresi görülmektedir. Motorun teknik özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Deneyler tam yük şartlarında gerçekleştirilmiştir.

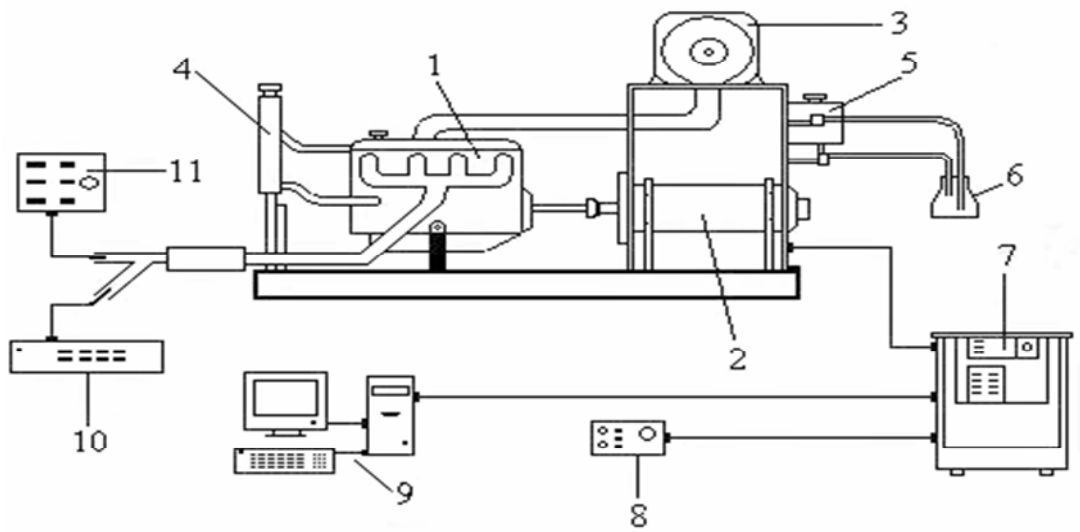


Resim 4.1. Cussons P8653 D.C. Rejenaratif Dinamometre

Çizelge 4.2. Deney motorunun teknik özellikleri

Marka ve model	Ford-1998-XLD 418T
Motor tipi	4 zamanlı, sıra tipi, Dizel, IDI, Turboşarj
Silindir sayısı	4
Silindir hacmi	1.8L
Strok	82 mm
Silindir çapı	82.5 mm
Motor gücü	4400 d/dak'da 74kW
Motor momenti	2400 d/dak'da 152 Nm
Yakıt sistemi pompası	Lucas DPC distribütör
Enjektör tipi	Tek Nokta
Yağlama sistemi	Tam Basıncı
Soğutma sistemi	Su Soğutmalı

Şekil 4.1’de deney düzeneğinin şematik resmi görülmektedir. Motor test düzeneğinde bulunan D,C, Rejeneratif Dinamometredir. Dinamometre maksimum 6000 min^{-1} ’de 90 kW güç, 200 Nm moment absorbe edebilecek çalışma aralığına sahiptir. Motor yükü, straingauge yük hücresi ile ölçülmüştür. Motor hızı ise dinamometre şaft mili üzerinde bulunan dişli teker üzerindeki manyetik sensör ile ölçülmüştür. Yakıt tüketimi hassas terazi ve kronometre kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 4.2. Deney düzeneğinin şematik görünümü

1-Motor, 2-Dinamometre, 3-Hava Tankı, 4-Motor Soğutma Ünitesi, 5-Ana Yakıt Tankı, 6-Alternatif Yakıt Tankı, 7-Kontrol Ünitesi, 8-Elle Kontrol Ünitesi 9-Bilgisayar 10- Testo 350 XL emisyon ölçüm cihazı, 11-VLT 2600-S is ölçer.

İs ölçümü için VLT 2600 S opasimetresi kullanılmıştır. Emisyon ölçümleri içinse Testo 350 XL gaz analizörü kullanılmıştır. Bu cihazların teknik özellikleri sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de verilmiştir. Ayrıca resimleri de sırasıyla Resim 4.2 ve Resim 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. VLT 2600 S Opasimetre teknik özellikleri

Parametre	Ölçüm Aralığı	Doğruluk
Duman yoğunluğu	0–99%	0.01
k duman faktörü (1/m)	0–10	0.01
Motor hızı	0–9999 min^{-1}	1 min^{-1}

Çizelge 4.4. Testo 350 XL emisyon ölçüm cihazı teknik özellikleri

Yanma ürünleri	Ölçüm Aralığı	Doğruluk
Oksijen (O ₂)	0–25% vol	+/- 0.2 m.v
Karbonmonoksit (CO)	0–10000 ppm	5 ppm (0 – 99 ppm)
Karbondioksit (CO ₂)	0–50% vol	± 0.3%vol +1%mv (0–25%vol)
Hidrokarbon (HC)	0.01–4%	< 400 ppm (100–4000 ppm)
Azot Oksit (NO _x)	0–3000 ppm	5 ppm (0 -99 ppm)



Resim 4.2. VLT 2600 S Opasimetre

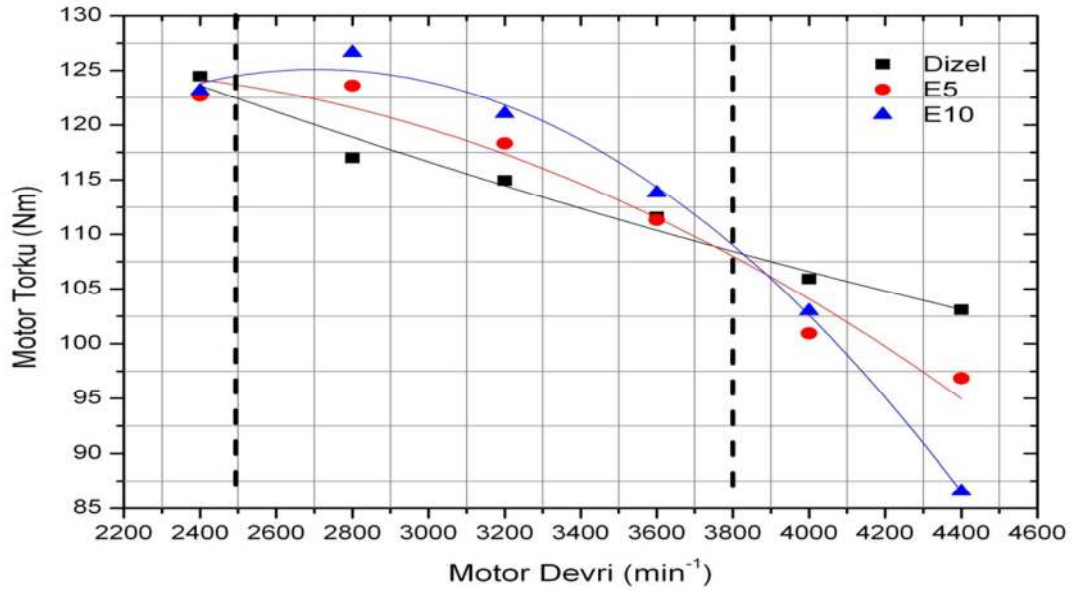


Resim 4.3. Testo 350 XL emisyon ölçüm cihazı

5. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

Bu bölümde dizel, E5 ve E10 yakıtlarının motor hızına bağlı olarak tam yükte ve fren ortalama efektif basınca bağlı olarak 2500, 3250 ve 4000 min^{-1} motor devirlerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen performans ve emisyon eğrileri yorumlanmıştır.

Dizel, E5 ve E10 yakıtlarının motor momentine etkisi şekil 5.1’de görülmektedir. Maksimum tork E10 yakıtı ile 2800 min^{-1} ’de 126,63 Nm olarak elde edilmiştir. Dizel yakıtında maksimum tork 2400 min^{-1} ’de iken E5 ve E10 yakıtlarının kullanılması durumunda maksimum tork devrinin 2800 min^{-1} civarına kaydığı görülmektedir. E5 ve E10 yakıtlarının kullanımıyla motor torku 2800 min^{-1} ’de sırasıyla %5,63 ve %8,22 artmıştır. E10 emülsiyon yakıtının E5 emülsiyon yakıtına göre daha yüksek tork sağladığı görülmektedir. Emülsiyon yakıtlar, içerisinde bulunan su nedeniyle dizel yakıtına göre daha düşük alt ısı değere sahiptirler [34]. Bu nedenle motor momentinin emülsiyon içerisinde bulunan su miktarına bağlı olarak azalması beklenilebilir. Ancak şekil 5.1’de görüldüğü üzere emülsiyon yakıtlar ile daha yüksek tork değerleri elde edilmiştir. Silindirde yanma işlemi başladığında sıvı haldeki su yüksek basınçlı su buharına dönüşmekte ve yakıt içerisindeki su miktarının artmasına bağlı olarak piston tepesine ekstra buhar basıncının etki etmesine neden olduğu düşünülmektedir [37]. Bu nedenle %10 su içeren üç- fazlı Y/S/Y emülsiyonları %5 su içeren üç fazlı emülsiyonlara göre daha iyi performans sağlamaktadırlar [8]. Ayrıca emülsiyonun, standart dizel yakıtına göre daha yüksek viskoziteye sahip olması, enjeksiyon işlemi sırasında bulutlu daha ince bir atomizasyonu mümkün kılmaktadır [35, 37]. Bu durum yanma işleminin daha verimli olmasını sağlar.

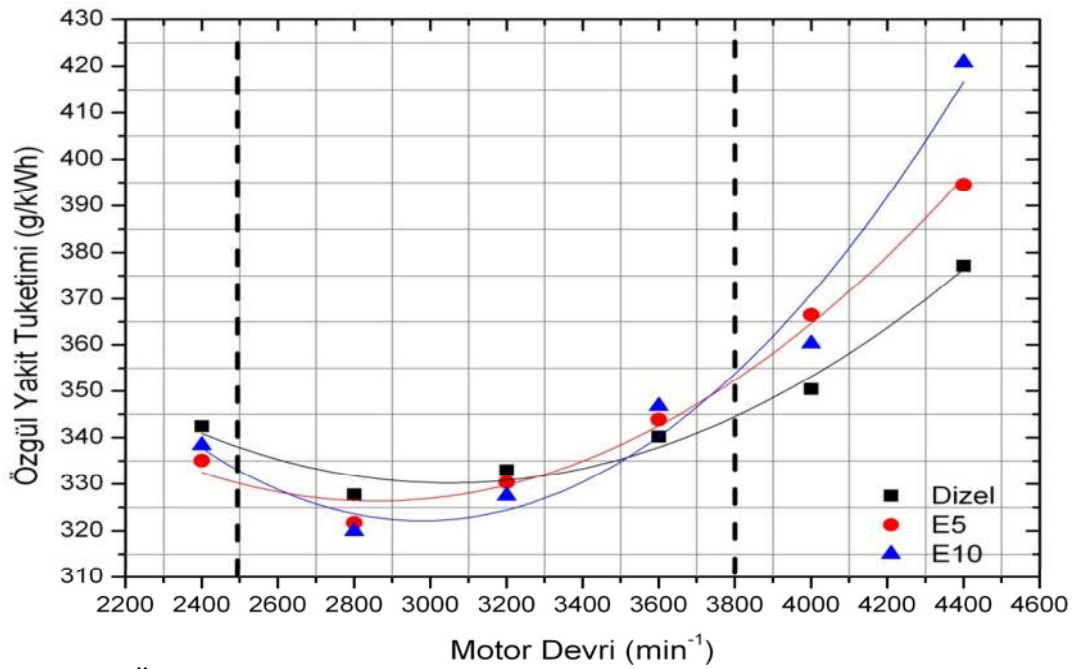


Şekil 5.1. Motor torkunun motor hızına bağlı değişimi

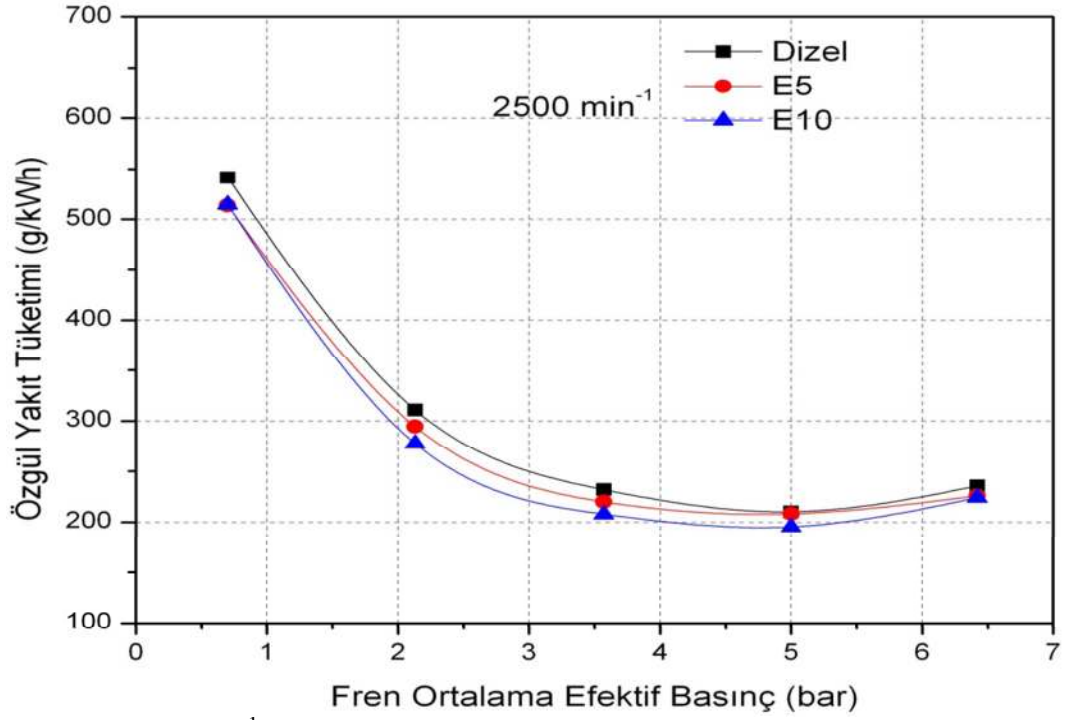
Şekil 5.2’de özgül yakıt tüketiminin motor hızına bağlı değişimi görülmektedir. Tam yükte yapılan bu deneye göre en düşük özgül yakıt tüketimi 2800 min^{-1} ’de, 320 g/kWh olarak E10 yakıtı ile elde edilmiştir. Aynı devirde E5 yakıtının özgül yakıt tüketimi 322 g/kWh iken dizel yakıtının 328 g/kWh ’ dir. Emülsiyon yakıt ısıtıldığında damlacık halindeki su dizel yakıtına göre daha çabuk buharlaşır. Bu buharlaşma hidrokarbon zincirinin hızla parçalanmasına neden olur. 270°C civarında gerçekleşen bu olay mikro patlama olarak adlandırılır ve yakıtın çok daha iyi atomize olmasını sağlar. Bu durumda yanma verimi artar ve yakıt tüketimi düşer. Emülsiyondaki su oranının artması mikro patlama etkisini arttırmaktadır [8]. Bu nedenle emülsiyon yakıtlarının alt ısı değerleri daha düşük olmasına rağmen özgül yakıt tüketimi azalmaktadır. Ancak 3800 min^{-1} motor devrinden itibaren özgül yakıt tüketimi tüm yakıtlarda yanma süresinin azalması ve buna bağlı olarak verimin düşmesinden dolayı artmaktadır. Ayrıca 3800 min^{-1} motor devrinden sonra alt ısı değeri daha düşük olan emülsiyon yakıtlarında özgül yakıt tüketimi dizel yakıtına göre artmaktadır.

Şekil 5.3, Şekil 5.4, ve Şekil 5.5’de ise 2500 , 3250 ve 4000 min^{-1} ’de sırasıyla 10, 30, 50, 70, 90 Nm torka karşılık gelen fren ortalama efektif basıncında gerçekleştirilen deney sonuçları görülmektedir. Fren ortalama efektif basıncı arttıkça çevrim başına

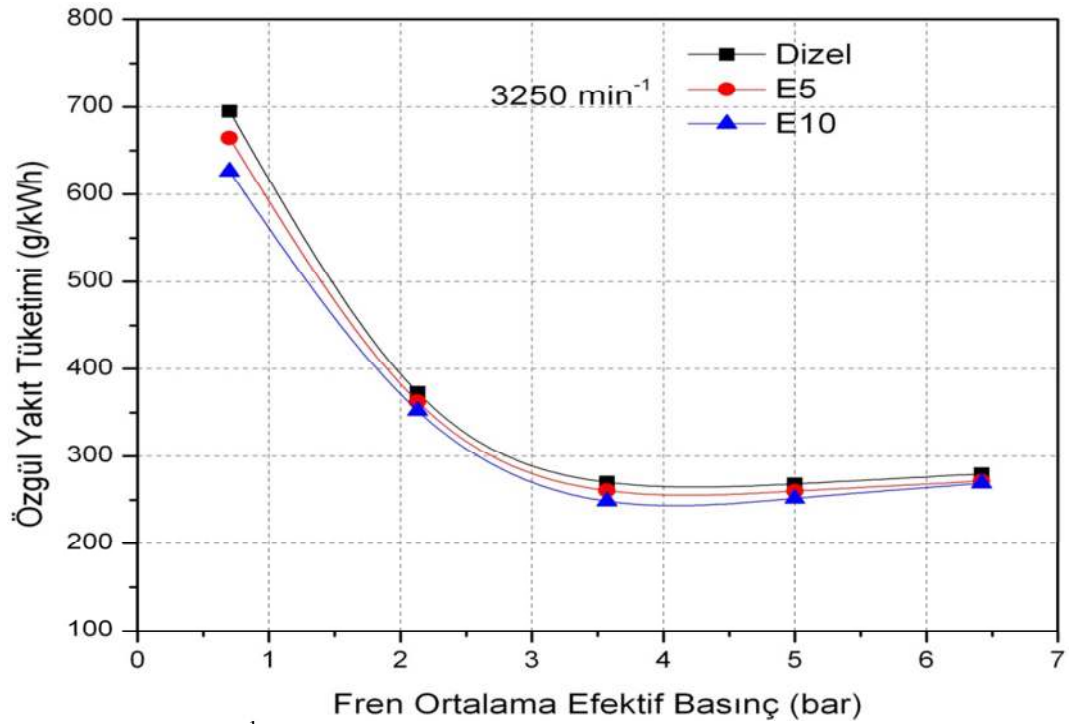
olan ısı kayıpları azalmakta ve buna bağlı olarak hem emülsiyon yakıtlarının hem de dizel yakıtının özgül yakıt tüketimi azalmaktadır. En düşük özgül yakıt tüketimi 2500 min^{-1} ve 5 bar fren ortalama efektif basıncında, 195 g/kWh olarak E10 yakıtı ile elde edilmiştir. 2500 min^{-1} 'de özgül yakıt tüketimi dizele göre; E5 yakıtı kullanılmasıyla ortalama % 4,6, E10 yakıtının kullanılmasıyla %7,2 azalmıştır. 3250 min^{-1} 'de E5 yakıtı kullanılmasıyla %3,71, E10 yakıtının kullanılmasıyla ise %7,4 azalmıştır. 4000 min^{-1} 'de özgül yakıt tüketiminde ise E5 yakıtı kullanıldığında %4,4, E10 yakıtı kullanıldığında ise %1,7 artış olduğu hesaplanmıştır.



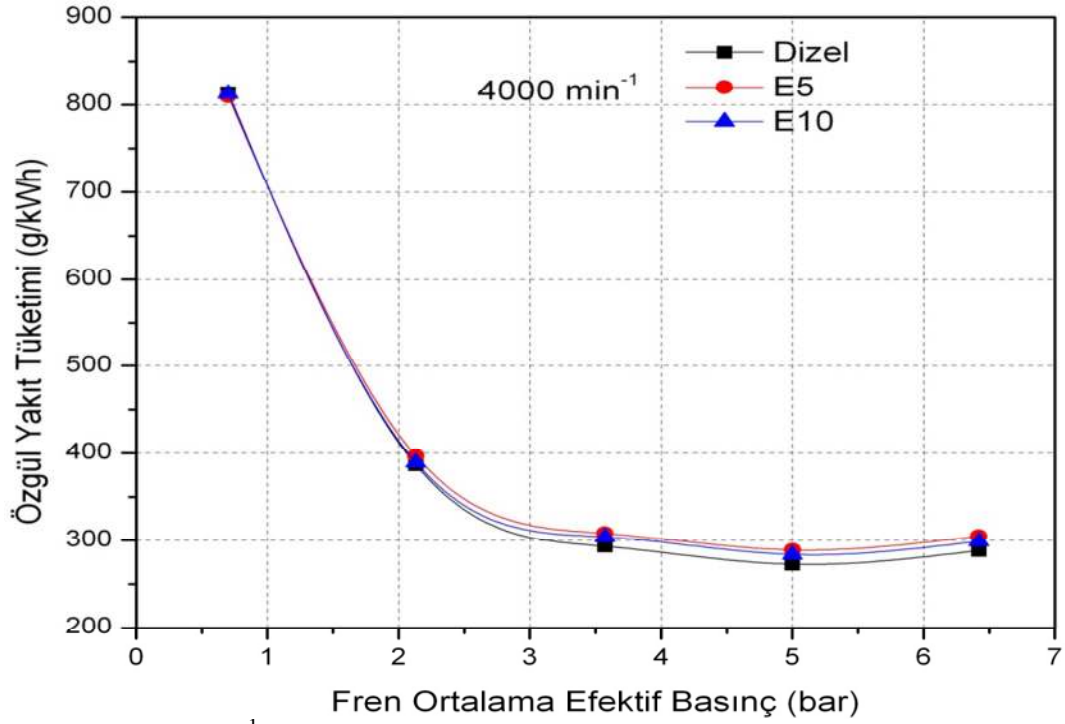
Şekil 5.2. Özgül yakıt tüketiminin motor hızına bağlı değişimi



Şekil 5.3. 2500 min⁻¹'de özgül yakıt tüketiminin fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi



Şekil 5.4. 3250 min⁻¹'de özgül yakıt tüketiminin fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi

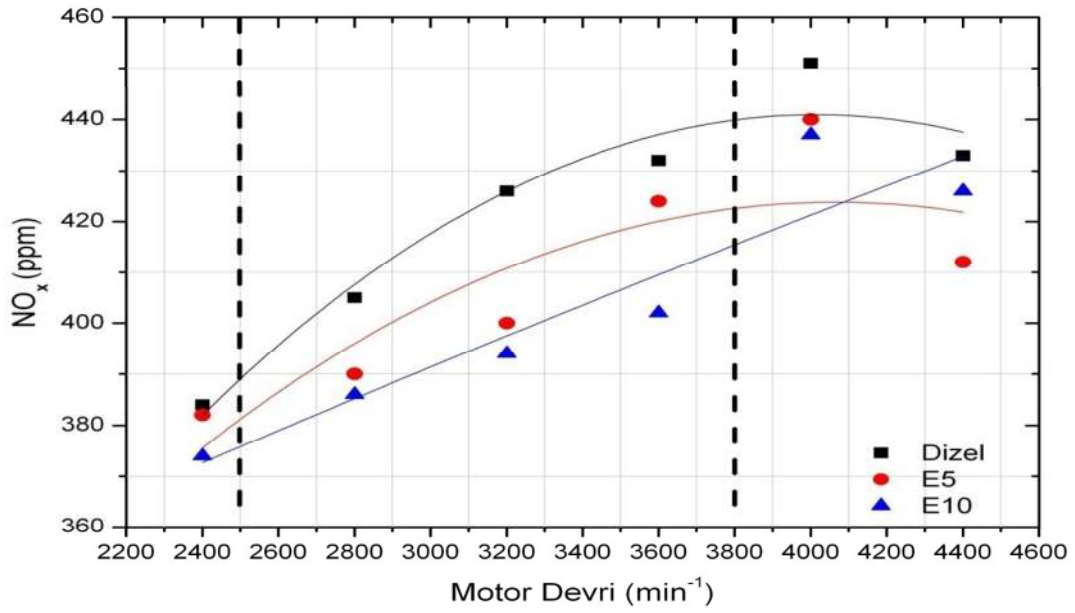


Şekil 5.5. 4000 min⁻¹'de özgül yakıt tüketiminin fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi

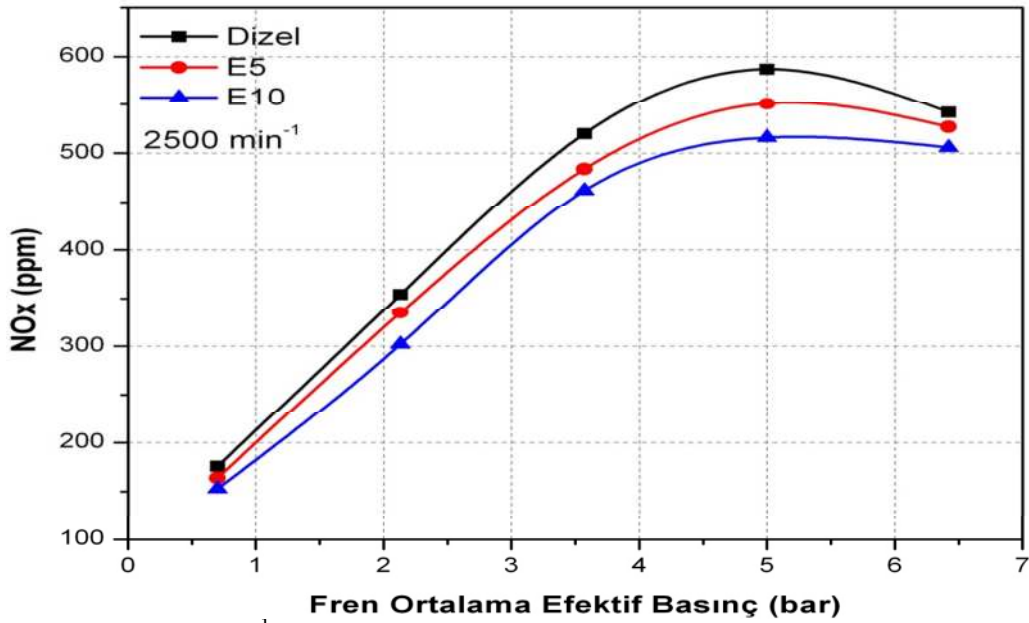
Bilindiği üzere NO_x emisyonları yüksek silindir içi sıcaklığına bağlı olarak oluşmaktadır. Emülsiyon yakıtlar içerisinde su ihtiva ettiğinden maksimum yanma sonu sıcaklıklarının azalmasına ve böylece egzoz gaz sıcaklığının düşmesine neden olurlar. Buharlaşma esnasında suyun gizli ısısı dolguyu soğutur ve ortalama silindir sıcaklığının düşmesine neden olur. Buna bağlı olarak pik yanma sıcaklığı azalmaktadır [37]. Ayrıca emülsiyon içerisindeki su miktarı arttıkça emülsiyonun ısı değeri azalacağından maksimum silindir içi sıcaklığı da azalacaktır.

Şekil 5.6'da NO_x emisyonlarının tam yükte motor devrine bağlı değişimi görülmektedir. Tam yük deneyinde bütün devirlerde dizel yakıtı en yüksek NO_x emisyon değerini vermiştir. NO_x miktarı E5 yakıtının kullanılmasıyla ortalama %3,3 E10 yakıtının kullanılmasıyla ortalama %5 oranında azalmıştır. Fren ortalama efektif basınca göre yapılan deneylerde ise E10 emülsiyonunun NO_x emisyonları E5 emülsiyonuna ve dizele göre daha düşüktür. 2500 min⁻¹'de NO_x emisyonları dizele göre; E5 yakıtı kullanılmasıyla ortalama %5,42, E10 yakıtının kullanılmasıyla %11,01 azalmıştır. 3250 min⁻¹'de E5 yakıtı kullanılmasıyla %5,32, E10 yakıtının

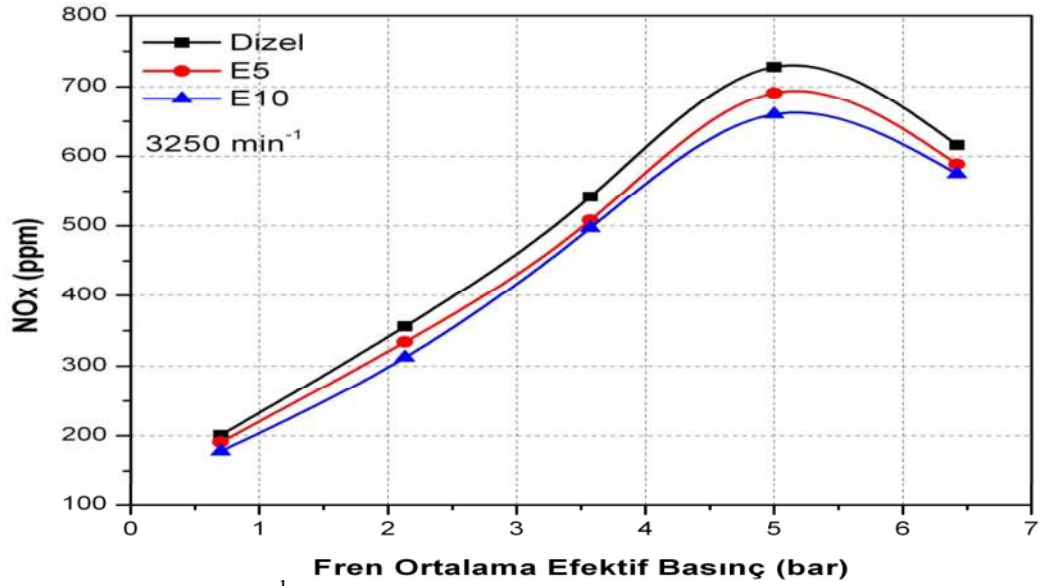
kullanılmasıyla ise %9,05 azalmıştır. 4000 min^{-1} 'deki NO_x emisyonlarında ise E5 yakıtı kullanıldığında %2,49, E10 yakıtı kullanıldığında ise %4,29 azalma olduğu hesaplanmıştır.



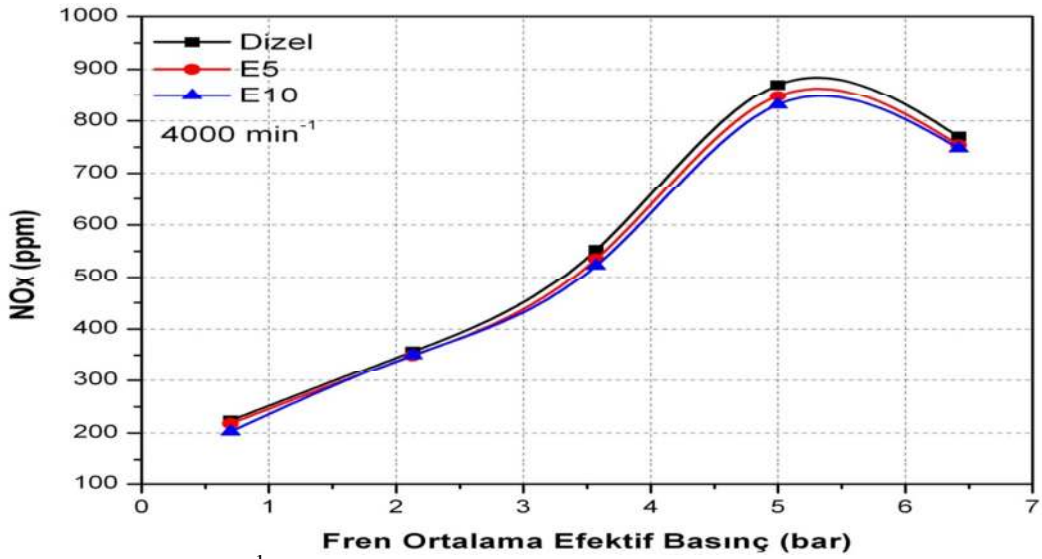
Şekil 5.6. NO_x emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi



Şekil 5.7. 2500 min^{-1} 'de NO_x emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi



Şekil 5.8. 3250 min⁻¹'de NO_x emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi

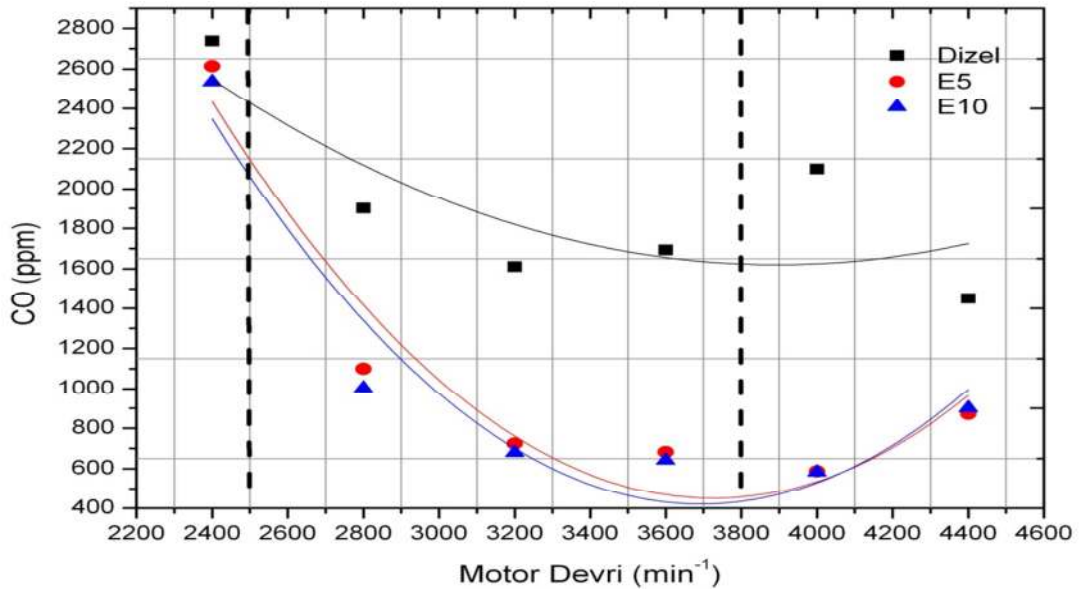


Şekil 5.9. 4000 min⁻¹'de NO_x emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi

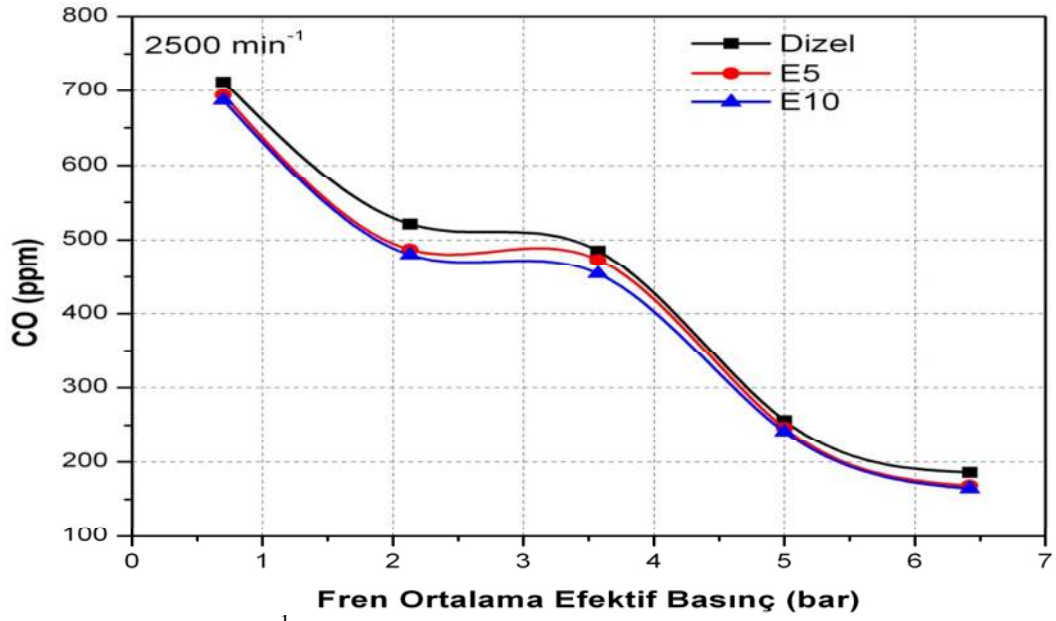
Emülsiyon yakıtlarının yanması sırasında daha uzun süren mikro patlamalar meydana gelir ve reaksiyona girmekte olan maddeler daha yüksek oranlarda karışırlar. Bu nedenle emülsiyon yakıtlarının yanması sonucu dizel yakıtına göre daha az miktarda CO emisyonu açığa çıkmaktadır [75]. Şekil 4.11'de dizel ve emülsiyon yakıtlarının kullanılması sonucu açığa çıkan CO emisyonlarının tam yük

de motor hızına bağlı değişimi görülmektedir. Tüm yakıtlarda tam yük deneyinde, CO emisyonları motor hızına bağlı olarak azalmış ancak 3600 min^{-1} motor hızından sonra bir artış meydana gelmiştir. Özellikle maksimum tork devrinden sonraki devirlerde karışım teşkili ve yanma için gerekli olan sürenin azalması yanmayı kötüleştirdiğinden yüksek devirlerde CO miktarında artış görülebilir. En düşük CO emisyonu E10 yakıtı ile 3600 min^{-1} 'de 642 ppm olarak elde edilmiştir. Emülsiyon içerisindeki su miktarı arttıkça CO emisyonunun azaldığı görülmektedir. Tam yük deneyinde; E5 ve E10 yakıtlarının kullanılmasıyla CO emisyonunda dizel yakıtına göre sırasıyla ortalama %42,7 ve %44,8 azalma sağlanmıştır.

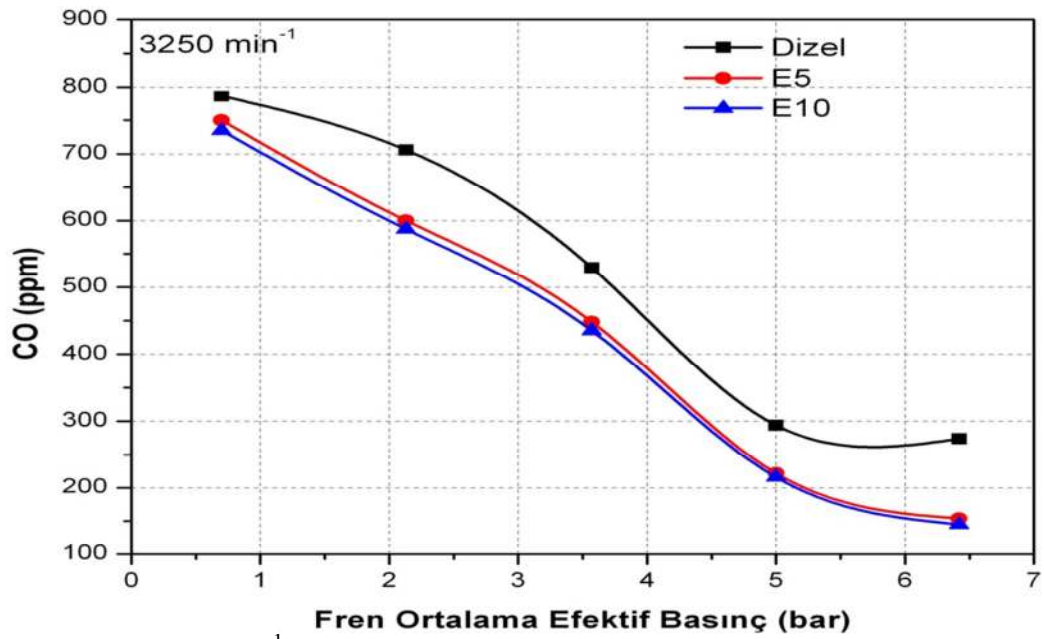
Fren ortalama efektif basınca göre yapılan deneylerde ise E10 emülsiyonunun CO emisyonları E5 emülsiyonuna göre daha düşüktür. 2500 min^{-1} 'de CO emisyonları dizele göre; E5 yakıtı kullanılmasıyla ortalama %4,26, E10 yakıtının kullanılmasıyla %6,02 azalmıştır. 3250 min^{-1} 'de E5 yakıtı kullanılmasıyla %16,03, E10 yakıtının kullanılmasıyla ise %18,19 azalmıştır. 4000 min^{-1} 'deki CO emisyonlarında ise E5 yakıtı kullanıldığında %28,74, E10 yakıtı kullanıldığında ise %34,5 azalma olduğu hesaplanmıştır.



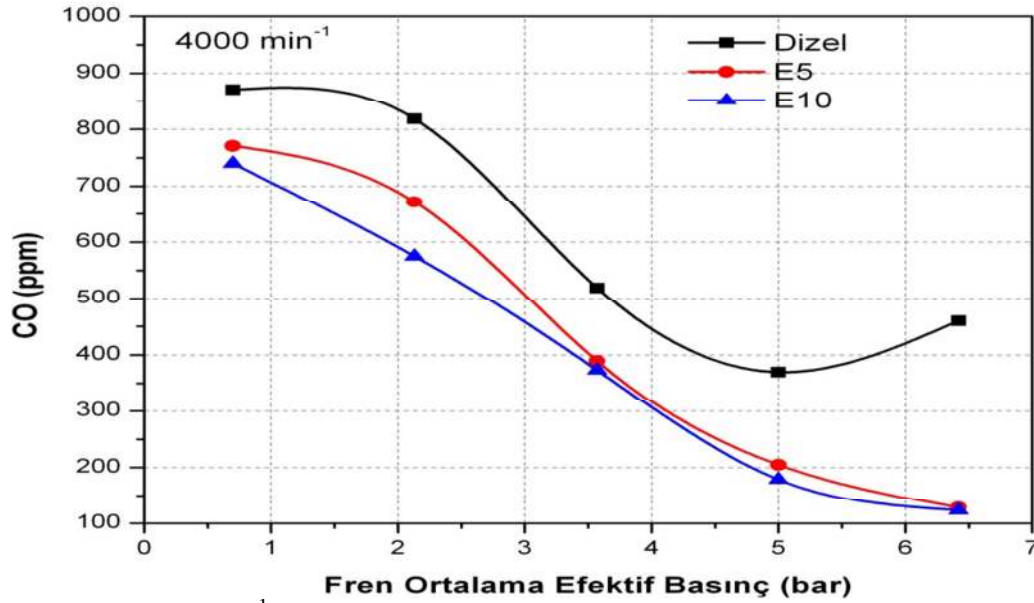
Şekil 5.10. CO emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi



Şekil 5.11. 2500 min⁻¹'de CO emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi



Şekil 5.12. 3250 min⁻¹'de CO emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi



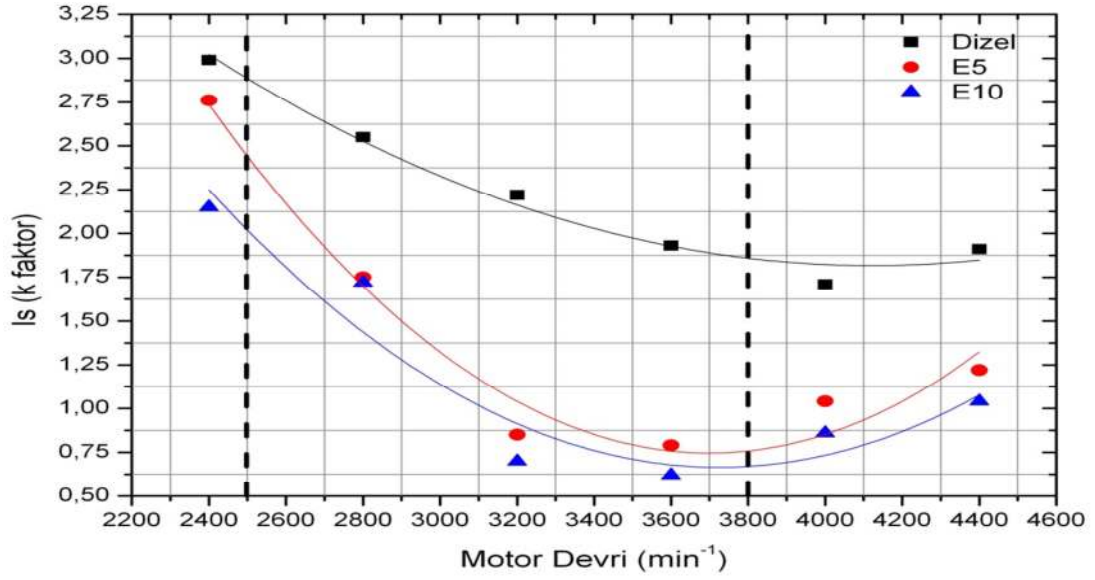
Şekil 5.13. 4000 min⁻¹'de CO emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi

Şekil 5.14'te is emisyonlarının tam yükte motor hızına bağlı değişimi görülmektedir. Tam yük deneyinde bütün yakıtlarda is emisyonları 3600 min⁻¹ civarına kadar azalmış ve bu devirden sonra CO emisyonun da olduğu gibi yanma veriminin azalmasıyla birlikte artmaya başlamıştır. Emülsiyon yakıtlarının kullanılmasıyla birlikte tam yük ve fren ortalama efektif basınç deneylerinin tümünde is emisyonlarının azaldığı görülmektedir.

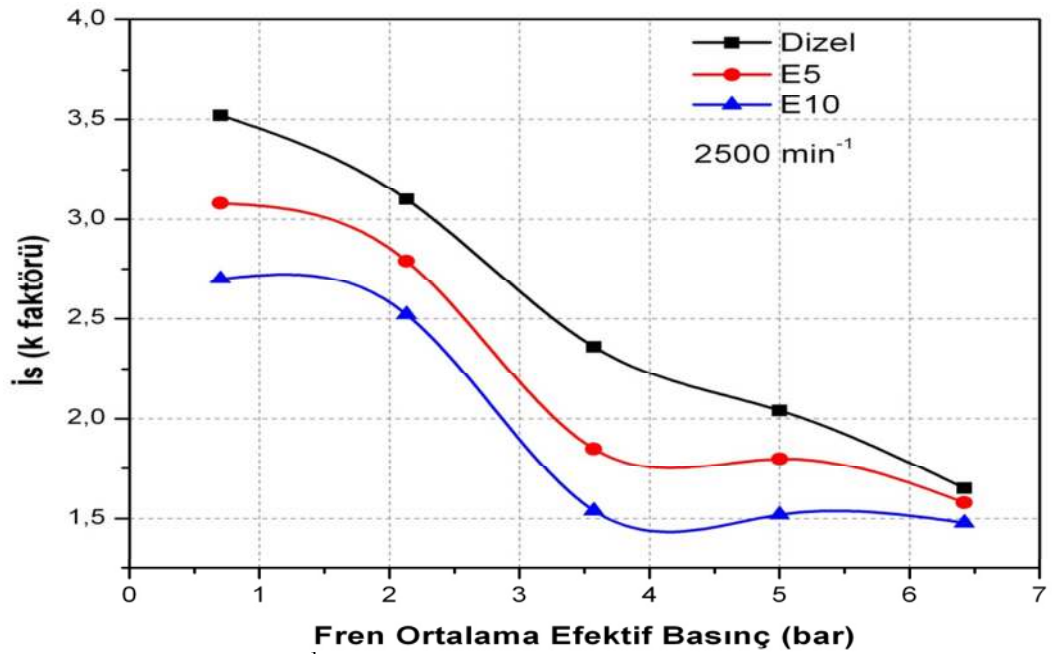
Emülsiyon içerisindeki su yanma sonu sıcaklığını ve dolayısıyla emülsiyonun pirolizini azalttığından is azaltmaktadır. Buna ilave olarak mikro patlamalar yanma verimliliğini arttırmakla kalmayıp reaksiyon entalpisini de arttırmaktadırlar. Bunun bir sonucu olarak yanma odası içerisinde karbon is oluşumu için gerekli süre daha kısa kesilir ve siyah duman oluşumu oldukça azalır [35, 76].

Tam yük deneyinde is emisyonları E5 yakıtının kullanılmasıyla ortalama %37 ve E10 yakıtının kullanılmasıyla ortalama %47 azalmıştır. Fren ortalama efektif basınca göre yapılan deneylerde de E10 emülsiyonunun is emisyonları E5 emülsiyonuna göre daha düşüktür. 2500 min⁻¹'de is emisyonları dizele göre; E5 yakıtı kullanılmasıyla ortalama %12,39, E10 yakıtının kullanılmasıyla %22,97 azalmıştır. 3250 min⁻¹'de E5 yakıtı kullanılmasıyla %11,95, E10 yakıtının kullanılmasıyla ise %20,99 azalmıştır.

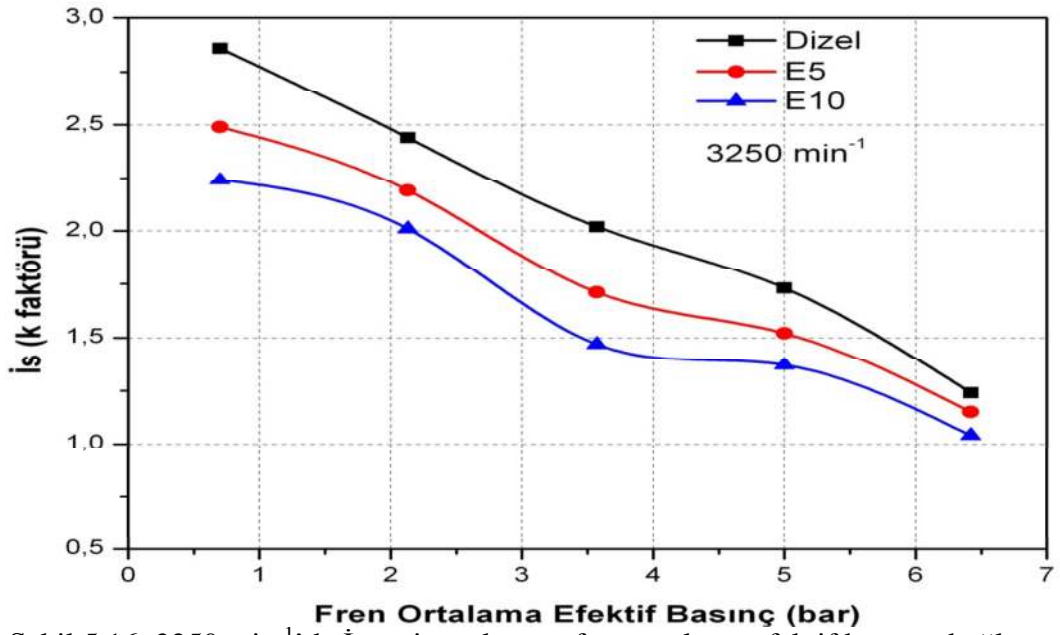
4000 min^{-1} 'de is emisyonlarında ise E5 yakıtı kullanıldığında %8,48, E10 yakıtı kullanıldığında ise %16,41 azalma olduğu hesaplanmıştır.



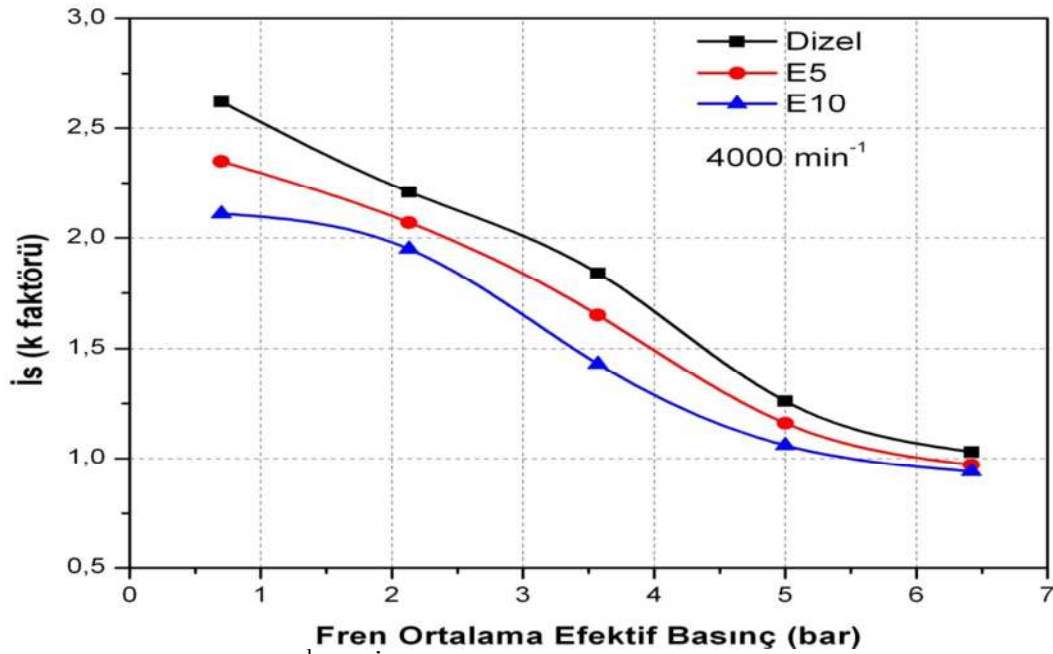
Şekil 5.14. Is emisyonlarının motor hızına bağlı değişimi



Şekil 5.15. 2500 min^{-1} 'de Is emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi



Şekil 5.16. 3250 min⁻¹'de İs emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi



Şekil 5.17. 4000 min⁻¹'de İs emisyonlarının fren ortalama efektif basınca bağlı değişimi

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Y/S/Y üç fazlı dizel emülsiyon yakıtlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir. Deneylerde dört silindirli, dört zamanlı ön yanma odalı turboşarjlı 1,8 L'lik bir dizel motoru kullanılmıştır. Deney yakıtlarının hazırlanmasında emülgatör olarak SPAN 80 ve TWEEN 80 kullanılmıştır. Literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada emülsiyonların hazırlanmasında kararlılığı arttırmak ve çökelme süresini uzatabilmek için yardımcı emülgatör mono etilen glikol kullanılmıştır. Dizel yakıtı içerisine %5 ve %10 su ilave edilerek E5 ve E10 emülsiyonları elde edilmiştir.

Emülsiyon yakıtların motor performansına etkileri incelendiğinde motor torkunu ve gücünü 2400-4000 min⁻¹ devir aralığında dizel yakıtına göre arttırdığı ancak bu devir aralığından sonra belirgin düşüşlerin olduğu saptanmıştır. Bu durumun motor devrinin artmasına bağlı olarak yanmanın giderek kötüleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nedeni ise yanma verimini arttıran mikro patlamaların meydana gelebilmesi için yüksek devirlerde yeterli süreyi bulamamaların olduğu düşünülmektedir. Özgül yakıt tüketimleri incelendiğinde ise benzer şekilde maksimum moment devri civarında emülsiyon yakıtların özgül yakıt tüketimlerinin dizel yakıtına göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bununla birlikte egzoz emisyonlarında iyileşmeler kaydedilmiştir. Tam yük deneylerinde E10 emülsiyonunun kullanılması durumunda CO emisyonlarının %44 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde E10 emülsiyonu ile is emisyonlarında %47'lik bir azalma olduğu görülmüştür. Emülsiyonların mikro patlamaları arttırmasının ve daha iyi bir karışım oluşumunu sağlamasının is ve CO emisyonlarının azalmasında etkili olduğu düşünülmektedir. NO_x emisyonları incelendiğinde ise E10 emülsiyonu ile %5'lik bir azalma kaydedilmiştir.

Emülsiyondaki su miktarı %15'in üzerine çıktığında kararlı ve stabil bir emülsiyon yakıt oluşturmak için emülgatörlerin kullanımında uygun HLB oranını sağlayabilmek gerekir. Bu durumda kullanılan emülgatör miktarı arttırılması gerekmektedir. Bu sebeple emülsiyon yakıtın viskozitesinde gözle görülür artışa

sebebiyet vermektedir. Bu durumda da yanma kötüleşmekte emisyonlar da artmaktadır.

Emülsiyon yakıtlar uzun süre bekletildiği zaman çökelmeler ve daha sonra faz ayrışması meydana gelmektedir. Yapılan gözlemler sonunda E5 emülsiyon yakıtının 24. günde, E10 yakıtının ise 25. günde faz ayrışmasına başladığı gözlemlenmiştir. Çökelmeyi ve faz ayrışmasını engellemek gerekmektedir. Çökelmenin artması ve faz ayrışmasının başlaması emülsiyonun bozulmasına sebep olabilir. Bu sebepten yakıt sistemi parçaları direkt emülsiyonun içerisindeki suyla temas edebilir. Buda yakıt sistemi parçalarının zarar görmesine sebebiyet verebilir. Çökelmenin önlenmesi için emülsiyon yakıtın karıştırılabileceği bir sistemin oluşturulması ve dolayısıyla ek bir maliyet gerekebilir. Ayrıca sürekli kullanımda emülsiyon içerisindeki suyun motor parçaları üzerindeki etkilerinin de incelenebilmesi için yol testleri uygulanabilir.

KAYNAKLAR

1. Pulkrabek, W.W., "Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine", **Prentice Hall**, New Jersey, (2010).
2. Alkaya, B., ve Yıldırım, M.A., "Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri", **Ekoloji**, 34: 16-20, (2000).
3. Wang, H., Chen, C., Huang, C. and Fu, L., "On-road Vehicle Emission Inventory and Its Uncertainty Analysis for Shanghai China", **Science of The Total Environment**, 398, (3): 60-67, (2008).
4. Nadeem, M., Rangkuti, C., Anuar, K., Haq, M.R.U., Tan, I.B. and Shah, S.S., "Diesel Engine Performance and Emission Evaluation Using Emulsified Fuels Stabilized by Conventional and Gemini Surfactants", **Fuel**, 85: 2111-2119, (2006).
5. Çelikten, İ., Gürü, M., "Petrodizel ve Kanola Biyodizeli Performans ve Emisyon Kriterlerinin Mangan Esaslı Katkı Maddeleriyle Geliştirilmesi", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.**, 26, (3): 643-648, (2011).
6. Usta N., Öztürk E., Can O., Conkur E. Ş., Nas S., Çon A.H., Can A. Ç., Topçu M. "Combustion of Biodiesel Fuel Produced from Hazelnut Soapstock/Waste Sunflower Oil Mixture in a Diesel Engine", **Energy Conversion and Management**, 46: 741-755, (2005).
7. Çelikten İ., Koca A., Arslan MA., "Investigation of the Effects of Diesel Fuel, Rapeseed and Soybean Oil Methyl Esters on Engine Performance and Emissions at Different Injection Pressures", **Renewable Energy**, 35: 814-820, (2010).
8. Lif, A., Holmerg K., "Water-in-Diesel Emulsions and Related Systems", **Advances in Colloid and Interface Science**, 123: 231-239, (2006).
9. Swarbrick J, Rubino J, Rubi OP, "Coarse Dispersions" Remington: The Science and Practice of Pharmacy, **University of the Sciences in Philadelphia**, 316-334, (2000).
10. Lin C.Y, Chen L.W, "Comparison of Fuel Properties and Emission Characteristics of Two and Three-Phase Emulsions Prepared by Ultrasonically Vibrating and Mechanically Homogenizing Emulsification Methods", **Fuel** 87: 2154–2161, (2008).
11. Hall D, Thorne C, Goodier S., "An Investigation into the Effect of a Diesel/Water Emulsion on the Size and Number Distribution of the Particulate Emissions from a Heavy-Duty Diesel Engine", **SAE** (2003); 01, 3168,(2003).

12. Park J.W, Huh K.Y, Lee J.H., “Reduction of NO_x, Smoke and Brake Specific Fuel Consumption with Optimal Injection Timing and Emulsion Ratio of Water-Emulsified Diesel”, **Proc Inst Mech Eng Part D J Automob Eng**, 215: 83, (2001).
13. Ögüt H., Kuş, R., “Motorlu Taşıtlarda Alternatif Yakıt Kullanımı”, **II. Ulaşım ve Trafik Kongresi Sergisi**, Yayın No: 242, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayını, 149-162, (1999).
14. Yamık H., “Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Yağ Esterlerinin Kullanılma İmkanlarının Araştırılması”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2002).
15. Scragg A. H., Morrison J., Shales S. W., “The use of a fuel containing *Chlorella vulgaris* in a diesel engine”, **Enzyme and Microbial Technology**, (33), 7: 884-889, (2003).
16. Lin Y. C. , Lee W.J., Chao H.R., Wang S.L., Tsou T.C., Chang-Chien G.P., “Approach for energy saving and pollution reducing by fueling diesel engines with emulsified biosolution/biodiesel/diesel blends”, **Environ. Sci. Technol.** (42), 38: 49–55, (2008).
17. Yoshimoto Y., Onodera M., Tamaki H., “Reduction of NO_x, smoke and BSFC in a diesel engine fueled by biodiesel emulsion with used frying oil.”, **SAE**, 167-174, (1999).
18. Yang W. M., An H., Chou S. K., Vedharaji S., Vallinagam R., Balaji M., Mohammad F. E. A., Chua K. J. E., “Emulsion fuel with novel nano-organic additives for diesel engine application”, **Fuel**, 104: 726-731, (2013).
19. Alahmer A., Yamin J., Sakhrieh A., Hamdan M. A., “Engine performance using emulsified diesel fuel”, **Energy Conversion and Management**, 51: 1708-1713, (2010).
20. Selim M. Y. E., Elfeky S. M. S., “Effects of diesel/water emulsion on heat flow and thermal loading in a precombustion chamber diesel engine”, **Applied Thermal Engineering**, 21: 1565-1582, (2001).
21. Subramanian K. A., “A comparison of water-diesel emulsion and timed injection of water into the intake manifold of a diesel engine for simultaneous control of NO and smoke emissions”, **Energy Conversion and Management**, 52: 849-857, (2011).
22. Maiboom A., Tauzia X., “NO_x and PM emissions reduction on an automotive HSDI Diesel engine with water-in-diesel emulsion and EGR: An experimental study”, **Fuel**, 90: 3179-3192, (2011).

23. Ghojel J., Honnery D., Al-Khaleefi K., "Performance, emissions and heat release characteristics of direct injection diesel engine operating on diesel oil emulsion", *Applied Thermal Engineering*, 26: 2132-2141, (2006).
24. Kumar M. S., Kerihuel A., Bellettre J., Tazerout M., "Ethanol Animal fat emulsions as a diesel engine fuel-Part 2: Engine test analysis", *Fuel*, 85: 2646-2652, (2006).
25. Fahd M. E. A., Wenming Y., Lee P. S., Chou S. K., Yap C. R., "Experimental investigation of the performance and emission characteristics of direct injection diesel engine by water emulsion diesel under varying engine load condition", *Applied Energy*, 102: 1042-1049, (2013).
26. Kannan G. R., Anand R., "Experimental investigation on diesel engine with diestrol-water micro emulsions", *Energy*, 36: 1680-1687, (2011).
27. Lif A., Stenstad P., Syverud K., Nyden M., Holmberg K., "Fischer-Tropsch diesel emulsions stabilised by microfibrillated cellulose and nonionic surfactants", *Journal of Colloid and Interface Science*, 352: 585-592, (2010).
28. Al-Sabagh A. M., Emara M. M., Noor El-Din M. R., Aly W. R., "Formation of water-in-diesel oil nano-emulsions using high energy method and studying some of their surface active properties", *Egyptian Journal of Petroleum*, 20: 17-23, (2011).
29. Lif A., Stark M., Nyden M., Holmberg K., "Fuel emulsions and microemulsions based on Fischer-Tropsch Diesel", *Cooloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 354: 91-98, (2010).
30. Ghojel J., Honnery D., "Heat release model for the combustion of diesel oil emulsions in DI diesel engines", *Applied Thermal Engineering*, 25: 2072-2085, (2005).
31. Castro Dantas T. N. D., da Silva A. C., Neto A. A. D., "New microemulsion systems using diesel and vegetable oils", *Fuel*, 80: 75-81, (2001).
32. Samec N., Kegl B., Dibble R. W., "Numerical and experimental study of water/oil emulsified fuel combustion in a diesel engine", *Fuel*, 81: 2035-2044, (2002).
33. Ochoterena R., Lif A., Nyden M., Andersson S., Denbratt I., "Optical studies of spray development and combustion of water-in-diesel emulsion and microemulsion fuels", *Fuel*, 89: 122-132, (2012).
34. Lin C. Y., Wang K. H., "Diesel engine performance and emission characteristics using three-phase emulsions as fuel", *Fuel*, 83: 537-545, (2004).

35. Lin, C.Y, and Chen, L.W., “Emulsification Characteristics of Three and Two-Phase Emulsions Prepared by the Ultrasonic Emulsification Method”, ***Fuel Processing Technology***, 87: 309-317, (2006).
36. Lin C. Y., Chen L. W., “Engine performance and emission characteristics of three-phase diesel emulsions prepared by an ultrasonic emulsification method”, ***Fuel***, 85: 593-600, (2006).
37. Abu-Zaid M., “Performance of single cylinder, direct injection Diesel engine using water fuel emulsions”, ***Energy Conversion and Management***, 45: 697-705, (2004).
38. Broniarz-Press L., Ochowiak M., Rozanski J., Woziwodzki S., “The atomization of water-oil emulsions”, ***Experimental Thermal and Fluid Science*** 33: 955-962, (2009).
39. Noor El-Din M. R., “Study on the stability of water-in-kerosene nano-emulsions and their dynamic surface properties”, ***Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects***, 390: 189– 198, (2011).
40. Tao, D. And Chen, G., “An Experimental Study of Stability of Oil-Water Emulsion”, ***Fuel Processing Technology***, 86: 499-508, (2005).
41. Martin A, Busmante P, Chun AHC, "Coarse dispersions", ***Physical Pharmacy (Fourth Ed.)***, Lea and Febiger, Philadelphia, 477- 511, (1993).
42. Akbaba, G., “Emülgatörler (Emülsifiye edici maddeler)”, ***Bilim ve Teknik Dergisi***, 26 (303): 114-115, (1993).
43. Anonymous, “U.S. Food Additive Markets: Flavors and Flavor Enhancers”, ***USA***, 1988-1996.
44. Çakmakçı, S., Çelik, I., “Gıda Katkı Maddeleri”, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Ders Notu No: 164, ***Atatürk Üniv. Ziraat Fak.*** Ofset Tesisi, Erzurum (1994).
45. Saldamlı I., “Gıda Katkı Maddeleri ve İngrediyenler”, ***Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fak. Gıda Müh. Bölümü***, Ankara (1985).
46. Ertugay Z., “Yüzey Aktif Maddeler ve Gıda Teknolojisinde Kullanılmaları”, ***Gıda***, 9 (6): 351-356, (1984).
47. Elgün A., Ertugay Z., “Tahıl İşleme Teknolojisi”, ***Atatürk Üniversitesi Yayınları***, No: 718, Ziraat Fak. No: 297, Ders Kitapları Serisi No: 52, Erzurum, (1992).

48. Ertugay Z., Elgün A., Kurt A., Gökalp Y., “Gıda Bilim ve Teknolojisi”, **Atatürk Üniv.** Yayın No: 671, Ziraat Fak. Yayın No: 301, Ders Kitapları Serisi No: 53, Erzurum, (1994).
49. Anonymous, “Katkı Maddeleri”, **Unlu Mamuller Teknolojisi** Yıl: 9, Sayı:2, 22-24, (2000).
50. Tekinşen C., “Dondurma Üretim Teknolojisi”, **Selçuk Üniversitesi Veteriner Fak. Besin Kontrolü ve Teknolojisi Anabilim Dalı**, Konya, (1993).
51. Ercan R., “Emülsifierler, Özellikleri ve Un Komponentleri ile İlişkileri”, **Gıda**, (12) 4: 235-241, (1987).
52. Potter N., Hotchkiss J., “Food Science”, **The AVI Publishing Company. Inc.**, New York, (1973).
53. Saldamlı I., Uygun Ü., “Gıda Kimyası”, **Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fak. Gıda Müh. Böl.**, Ankara, (1998).
54. Swarbrick J, Rubino J, Rubi no OP, "Coarse dispersions" Remington: The Science and Practice of Pharmacy, (20hEd) (Ed:Gennaro A), **University of the Sciences in Philadelphia**, 316-334, (2000).
55. Salager J.L, "Formulation concepts for the emulsion maker", Pharmaceutical Emulsions and Suspensions, (Eds: Nielloud F, Martimestres G), **Marcel Dekker, Inc.** New York, 19-72, (2000).
56. Yazan Y, "Emülsiyon Sistemler", Kontrollü Salım Sistemler, (Ed: A Gürsoy), **Kontrollü Salım Sistemleri Derneği Yayını No 1**, Elma Bilgisayar Basım ve Ambalaj San.Tic.Ltd.Şti, İstanbul, 133-150, (2002).
57. Ollivon M., Potier-Gumery L, “Yield value measurements and stability evaluation tests for multiple emulsion quality control”, **Multiple Emulsions: Structure, Properties and Application**, (Ed: S. S. David, Editions de Sante), Paris, 195-222, (1998).
58. Tadros T. F., “ Future developments in cosmetic formulations”, **Int. J. Cosm. Sci.**, 14: 93-111, (1992).
59. Raynal S., Grossiord J. L., Seiller M., Clausse D., “A ropical W/O/W multiple emulsion containing several active substances: Formulation, characterization and study of release”, **J. Control. Rel.**, 26: 129-140, (1993).
60. Mishra B., Pandit J. K., “ Multiple water-oil-water emulsions as prolonged release formulations of pentazocine”, **J. Control Rel.**, 14: 53-60, (1990).

61. Soytürk B. F., Tarımcı N., “Çoklu emülsiyonlar ve kozmetiklerde kullanımı”, **FABAD J. Pharm. Sci.**, 25: 11-20, (2000).
62. Hameyer P., Jenni K. R., “Emulsifiers for multiple emulsions”, **Cosmetic and Toiletries**, 111: 39-48, (1996).
63. Florence A. T., Whitehill D., “The formulation and stability of multiple emulsions”, **Int. J. Pharm.**, 11: 277-308, (1982).
64. Yazan Y., Seiller M., Arslan K., Grosslörd J. L., “PVP in multiple emulsion”, **Cosmetic and Toiletries**, 110: 53-56, (1995).
65. Oza K. P., Frank S. G., “ Multiple emulsions stabilized by colloidal microcrystalline cellulose”, **J. Disper. Sci. Tech.** 10: 163-185. (1989).
66. Davis S. S., Illum L., Walker I. M., “The İn vivo evaluation of emulsions formulations administration intramuscularly”, **Int. J. Pharm.**, 38: 133-137, (1987).
67. Garti N., Magdassi S., Whitehill D., “Transfer phenomena across the oil phase in water-oil-water multiple emulsions evaluated by Coulter Counter”, **J. Col. Inter. Sci.**, 104: 587-591, (1985).
68. Özer Ö., Baloglu E., Ertan G., Muguet V., Yazan Y., “The effect of the type and concentration of the lipophilic surfactant on the stability and release kinetics of the w/o/w multiple emulsions”, **Int. J. Cosmetic Sci.**, 22: 459-470, (2000).
69. Seiller M., Grossiord J. L., Silva-Cunha A., “Obtaining multiple emulsions”, **Ed: S. S. Davis, Editions de Sante**, Paris, 57-80, (1998).
70. Mitra R., Pezron I., Chu W. A., Mitra A. K., “Lipid emulsions as vehicles for enhanced nasal delivery of insulin”, **Int. J. Pharm.**, 205: 127-134, (2000).
71. Idson B., “Pharmaceutical emulsions”, **Pharmaceutical Dosage Forms: Disperse Systems**, (vol: 1), (Eds: H. A. Lieberman, M. A. Rieger, G. B. Banker), **Marcel Dekker Inc.**, New York, 199-243, (1988).
72. Matsumoto S., Kang W. W., “Formation and applications of multiple emulsions”, **J. Disper. Sci. Tech.**, 10: 455-482, (1982).
73. Madgassi S., Garti N., “Multiple Emulsions”, **Novel Cosmetic Delivery Systems**, (Eds. Madgassi S., Touitou E.), **Marcel Dekker, Inc.** New York on Basel, 145-167, (1999).
74. Yazan Y., Seiller M., Pulsieux F., “Multiple emulsions”, **Boll. Chim. Farmaceutico**, 132: 187-195, (1993).

75. Yılmaz E., Solmaz H., Polat S., Altın M., “Effect Of The Three-Phase Diesel Emulsion Fuels On Engine Performance And Exhaust Emissions”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 28, (1): 127-134, (2013).
76. Dec J.E., “A Conceptual Model of DI Diesel Combustion Based on Laser-Sheet Imaging”, *SAE*, 970-973, (1997).
77. ÇELEBİ N., “Modern Farmasötik Teknolojisi”, *TEB Eczacılık Akademisi*, (2009).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : YILMAZ, Emre
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 02.09.1981 Bursa
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 202 86 52
 Cep Telefon : 0 (533) 655 29 09
 e-mail : emreylmz@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Makine Eğitimi	2013
Lisans	Kocaeli Üniversitesi/ Otomotiv Öğretmenliği	2005
Lise	Bursa Hürriyet A.T ve E.M.L	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-...	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2010-2011	Hakkâri Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yayınlar

1. Yılmaz E., Solmaz H., Polat S., Altın M., “Effect Of The Three-Phase Diesel Emulsion Fuels On Engine Performance And Exhaust Emissions”*Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 28, (1): 127-134, 2013.

Yabancı Dil

İngilizce