



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ADANA ALPARSLAN TÜRKER BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN
MISIR ÖZÜ YAĞININ KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

CENNET İRK
YÜKSEK LİSANS



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ADANA ALPARSLAN TÜRKES BİLİM VE TEKNOLOJİ
ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN
MISIR ÖZÜ YAĞININ KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

CENNET İRK
YÜKSEK LİSANS

DANIŞMAN
PROF. DR. OSMAN KOLA

ADANA 2021



Bu tezde yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışa uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde bu çalışmaya özgün olmayan tüm bilgiler için atıf verdiğimi ve kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

Cennet IRK

ÖZET

FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN MISIR ÖZÜ YAĞININ KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Cennet IRK

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Osman KOLA

Ocak 2021, 51 sayfa

Bu tez çalışmasında; mısır özünden (ruşeym) soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemleri ile mısır özü yağı üretilmiş ve üretilen mısır özü yağlarında ham yağ verimi yanısıra yağ asidi kompozisyonu, tridliserit bileşimi, sterol ve tokofrol içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca, ham mısır özü yağının üretiminde kullanılan yöntemlere göre (soğuk presyon, çözgen ekstraksiyon) elde edilen mısır özü yağlarının özellikleri birbirleriyle kıyaslanmıştır. Mısır özü yağı üretiminde kullanılan ruşeymlerin (öz, emriyo) nem içeriğinin ortalama %6.3, ham protein değerinin ortalama %20.12 ve ham yağ veriminin ise çözgen ekstraksiyonunda %31.29, soğuk presyon yönteminde %25.72 olduğu belirlenmiştir.

Mısır özü yağlarının kırılma indisi değerlerinin 1.4662-1.4664 ve çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemiyle elde edilen yağların hesaplanmış iyot sayısı değerlerinin sırasıyla ortalama 122.61 ve 123.58 olduğu ve başlıca yağ asitlerinin linoleik asit, oleik asit ve palmitik asit olduğu ve sırasıyla ortalama %51.22-51.80, %31.67-31.97 ve %12.43-12.52 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Mısır özü yağlarının başlıca gliserid yapılarının sırasıyla OLL (%21.05-21.28), LLL (%16.46-16.66), OOL+LnPP (%14.26-14.33) ve PLL (%13.76-13.84) olduğu saptanmıştır. Çözgen ekstraksiyonu ve soğuk pres mısır özü yağlarının ECN₄₂^{teorik} değerlerinin sırasıyla 14.29 ve 14.32 olduğu görülmüştür. Soğuk presyon ve ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen mısır özü yağlarındaki başlıca sterollerin ise β -sitosterol, campesterol, stigmasterol ve sitostanol olduğu ve sırasıyla yaklaşık %65, %20, %6 ve %4 olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, mısır özü yağı, sterol, tokoferol, yağ asitleri, trigliseritler

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF CORN OIL OBTAINED BY DIFFERENT EXTRACTION METHODS

Cennet IRK

M.Sc., Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Osman KOLA

January 2021, 51 pages

The objective of this study was to evaluate crude oil yields, fatty acid and triglyceride compositions and sterol and tocopherol contents of the corn oils obtained from corn germ by cold pressing and solvent extraction. The properties of corn oils obtained by both methods were then compared. The moisture and crude protein contents of the germs (embryos) used in the corn oil production were determined to be 6.3 and 20.12%, respectively. The crude oil yield was calculated as 31.29% for solvent extraction and 25.72% for cold pressing.

Refractive indices of corn oils were found to be 1.4662-1.4664 while iodine values were 122.61 and 123.58 on average for solvent-extracted and cold-pressed corn oils, respectively. The main fatty acids determined in the corn oils were linoleic, oleic and palmitic acids. The average linoleic, oleic and palmitic acid contents of the corn oils were found to be in the range from 51.22 to 51.80%, from 31.67 to 31.97% and from 12.43 to 12.52%, respectively. The main triglyceride structures present in the corn oils were determined to be OLL (21.05-21.28%), LLL (16.46-16.66%), OOL+LnPP (14.26-14.33%) and PLL (13.76-13.84%). Theoretical ECN42 values were evaluated as 14.29 and 14.32 for solvent-extracted and cold-pressed corn oils, respectively. The major sterols determined in the corn oils were β -sitosterol (65%), campesterol (29%), stigmasterol (6%) and sitostanol (4%).

Keywords: Corn, corn oil, sterol, tocopherol, fatty acids, triglycerides

*Bu tez, her zaman her koşulda yanımda olan ve beni yalnız bırakmayan
Aileme ithaf edilmiştir.*

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında tecrübeleri ve değerli bilgi birikimi ile bana yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Osman KOLA'ya ve maddi, manevi destek ve katkılarıyla beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında analizlerin düzenlenmesi ve gerçekleştirilmesi aşamasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğrt. Üyesi Murat Reis AKKAYA, Dr. Öğrt. Üyesi Ali Emrah ÇETİN ve Araş. Gör. Erva PARILDI'ya minnetlerimi sunarım.

Cennet İRK

Ocak 2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ	x
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Mısır.....	3
2.1.1. Mısır Tanesinin Yapısı	4
2.1.1.1. Perikarp (Kabuk).....	6
2.1.1.2. Endosperm	7
2.1.1.3. Embriyo (Ruşeym).....	8
2.1.1.4. Sapçık (Tip Cap)	8
2.1.2. Dünya’da ve Türkiye’de Mısır Bitkisi Üretimi ve Tüketimi	8
2.1.3. Mısırın Kullanım Alanları	10
2.1.3.1. Mısır Özü	10
2.1.3.2. Mısır Özü Yağı	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Mısır Özünden Ham Yağ Elde Edilmesi	21
3.2.1.1. Mısır Özünden Soğuk Presyon ile Ham Yağ Elde Edilmesi	22

3.2.1.2.	Mısır Özünden Sokslet Yöntemi İle Ham Yağ Elde Edilmesi	22
3.2.2.	Mısır Özü Yağında Yapılan Analizler	24
3.2.2.1.	Nem Tayini	24
3.2.2.2.	Ham Protein Tayini	25
3.2.2.3.	Kırılma İndisi	25
3.2.2.4.	İyot Sayısı	26
3.2.2.5.	Yağ Asidi Kompozisyonu ve Dağılımı	26
3.2.2.6.	Gliserit Bileşimi ve Dağılımı	27
3.2.2.7.	Sterol Bileşimi ve Dağılımı	27
3.2.2.8.	Tokoferol Bileşimi ve Dağılımı	28
3.2.3.8.	Renk Değerleri	28
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1.	Mısır Özü ve Yağının Bazı Özellikleri	30
4.2.	Yağ Asiti Kompozisyonu ve Dağılımı	32
4.3.	Gliserit Bileşimi ve Dağılımı	34
4.4.	Sterol Bileşimi ve Dağılımı	36
4.5.	Tokoferol Bileşimi ve Dağılımı	37
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	42
	KAYNAKLAR	44
	ÖZGEÇMİŞ	51

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Mısır bitkisi (A), mısır tohumları (B) ve mısır püskülü (C)	5
Şekil 2.2. Mısır Tanesinin Yapısı ve Kısımları	6
Şekil 3.1. Karaerler Marka NF500 Model Soğuk Pres Yağ Makinesi ve Soğutma Sistemi	22
Şekil 3.2. Gerhardt Soxtherm Marka SE-414 Model Yağ Ekstraksiyon Cihazı	23
Şekil 3.3. Ohaus MB45 Model Otomatik Nem Ölçer Cihazı	24
Şekil 3.4. Gerhardt Vapodest 45S Azot/Protein Tayin Cihazı	25
Şekil 3.5. Krüss AR2008 Model Abbe Refraktometresi	26
Şekil 3.6. Konica Minolta Spektrofotometre CM-5 Model Renk Ölçüm Cihazı	29
Şekil 4.1. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Ham Yağ Verimleri (%)	31
Şekil 4.2. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri Dağılımı (%)	33
Şekil 4.3. Çözgen Ekstraksiyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Triglicerit İçerikleri Dağılımına İlişkin HPLC Kromatogramı (%)	35
Şekil 4.4. Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Triglicerit İçerikleri Dağılımına İlişkin HPLC Kromatogramı (%)	36
Şekil 4.5. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Başlıca Sterol İçerikleri Dağılımı (%)	38
Şekil 4.6. Çözgen Ekstraksiyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Tokoferol İçerikleri Dağılımına İlişkin HPLC Kromatogramı (%).....	39
Şekil 4.7. Çözgen Ekstraksiyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Tokoferol İçerikleri Dağılımına İlişkin HPLC Kromatogramı (%)	39
Şekil 4.8. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Tokoferol ve Tokotrienol İçerikleri Dağılımı.....	40

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Mısır Tanesinin İçerdiği Başlıca Bileşenler (%KM)	5
Tablo 2.2. Dünya Mısır Üretimi ve Tüketimi Verileri (bin ton)	9
Tablo 2.3. Türkiye’de Mısır Üretimi ve Tüketimi Verileri (bin ton)	10
Tablo 2.4. Farklı Ekstraksiyon Yöntemlerinin Avantaj ve Dezavantajlarının Karşılaştırılması	13
Tablo 2.5. Farklı ekstraksiyon yöntemleriyle mısır özü yağındaki yağ asidi bileşenleri ve içerikleri	14
Tablo 2.6. SC-CO ₂ İle Ekstrakte Mısır Yağlarının Peroksit Değeri, Antioksidan Kapasitesi (DPPH) ve Tokoferol İçeriğı	15
Tablo 2.7. Yağların fosfolipid içeriğı (ağırlıkça%)	15
Tablo 2.8. Mısır Yağlarının Fiziko-kimyasal Özellikleri	17
Tablo 2.9. Mısır Yağlarının Yağ Asidi, Sterol ve α -Tokoferol Bileşimleri	18
Tablo 2.10. Mısır Tanesinden (CG), Çözücülerle Kurutulmuş Damıtıcılardan (DDGS) ve Santrifüjle Ekstrakte Edilmiş İnce Durgun Sudan (CS-1, CS-2 ve CS-3).Ekstrakte Edilen Yağlarda Tokol ve Karotenoit İçerikleri ve 110 °C’deki Oksidatif Stabilitate İndeksi (OSI)	20
Tablo 4.1. Mısır Özü ve Mısır Özü Yağının Bazı Özelliklerine Ait Ortalama Değerler	30
Tablo 4.2. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Yağ Asidi İçeriklerine Ait Ortalama Değerler (%)	32
Tablo 4.3. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Toplam Trigliserid (TGA) İçeriklerine Ait Ortalama Değerler (%)	34
Tablo 4.4. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Sterol İçeriklerine Ait Ortalama Değerler (%)	37
Tablo 4.5. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Tokoferol İçeriklerine Ait Ortalama Değerler (μ g/g)	38

KISALTMALAR

NaOH	: Sodyum Hidroksit
H ₂ SO ₄	: Sulfirik Asit
CO ₂	: Karbondioksit
(NH ₄) ₂ SO ₄	: Amonyum Sulfat
KOH	: Potasyum Hidroksit
NH ₃	: Amonyak
TGA	: Triglicerit
SC-CO ₂	: Süperkritik Karbondioksit
PV	: Peroksit Değeri
p-AV	: p-Anisidin Değeri
FFA	: Serbest Yağ Asitleri
EAAE	: Enzim Destekli Sulu Ekstraksiyon Yöntemi
CPOC	: Soğuk Preslenmiş Mısır Yağı

1. GİRİŞ

Mısır (*Zea mays L.*) botanik olarak *Poaceae* familyasına ait bir bitkidir. Yeni Dünya'ya ait bir ürün olan Mısır Meksika ve Orta Amerika'da ilk olarak çıktığı bilinmektedir. 1492'de Amerika'nın keşfinden sonra diğer kıtalara yayıldığı bilinmektedir. Mısır bir yem mahsulü, gıda ve ilaç endüstrisinde bir hammadde ve biyoyakıt üretimi için çoklu kullanımları nedeniyle tüm dünyada yaygın olarak yetiştirilen bir üründür. Mısırın bu büyük endüstriyel potansiyeli, nişasta ve yağ bakımından zengin çekirdeklere sahip olmasıdır (Stamenković ve ark., 2020). Mısır üreten başlıca ülkeler Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Brezilya, Meksika, Endonezya, Hindistan, Fransa ve Arjantin'dir. Mısır esas olarak nişastasını ve proteini için yetiştirilir. Mısır yağı, nişasta işleminin bir yan ürünüdür ve mısır ruşeyminden elde edilir. Mısır yaklaşık %61-78 nişasta, %6-12 protein ve %3.1-5.7 yağ içermektedir (Aydeniz Güneser, Yılmaz, & Ok, 2017).

Dünya nüfusunun sürekli genişlemesi nedeniyle bitkisel yağlara olan talepte yüksek bir artış görülmektedir (Esmat, Hassan, Abo-ElWafa, Abou-ElSoud, & Megahed, 2018). Mısır (*Zea mays, L.*) ticari bir bitkisel yağ kaynağı olan en önemli tahıl ürünlerinden birisidir (Shende & Sidhu, 2014).

Mısır işleme endüstrisinin bir yan ürünü olan mısır ruşeymi (mısır özü), çekirdeğin ağırlığının %5-14'ünü oluşturur ve özellikle %18-41 yağ içeriğiyle önemli bir besin kaynağıdır (Shende & Sidhu, 2014). Mısır tohumunun kuru hali %35-56 arası yağ içerir (Ni, Zhao, Zhang, Gasmalla, & Yang, 2016) ve yağ ağırlıklı olarak ruşeym içinde (toplam çekirdek yağının yaklaşık %80- 84'ü) yer alır. Mısır ruşeymi yağının sahip olduğu başlıca yağ asitleri linoleik (%39-63), oleik (%20-42) ve palmitik (%9-17) asittir. Mısır özü yağı ayrıca tokoferoller, tokotrienoller ve karotenoidler gibi yüksek biyoaktif bileşik içeriğine sahip olup tüm bitkisel yağlar arasında en yüksek tokoferol ve fitosterol içeren yağdır (Stamenković ve ark., 2020). Sıvı yağlardaki en önemli doğal antioksidanlar, esas olarak α , β , γ ve δ formlarından oluşan tokoferollerdir. γ -Tokoferol, mısır özü yağındaki toplam tokoferol içeriğinin %60'ından fazlasını oluşturur (Zheng ve ark., 2018).

Mısır özü yağı geleneksel yöntemlerin yanısıra yeni geliştirilmiş ekstraksiyon yöntemleri ile de elde edilmektedir. Bunlar; soğuk presyon, çözgen ekstraksiyon, süperkritik sıvı ekstraksiyonu, sulu ekstraksiyon ve enzim destekli sulu ekstraksiyon (EAAE) yöntemleridir (Shende & Sidhu, 2014).

Mısır özü yağı, çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin olduğundan dolayı insan vücudunda sindirimi kolaylaştırıcı, kalp hastalıkları ve kronik hastalık riskini azaltıcı etkileri vardır (Esmat ve ark., 2018; Shende & Sidhu, 2014). Ayrıca DNA hasarına, kan basıncına, trombosit agregasyonuna ve diyabete karşı faydalı olup (Marinho ve ark., 2019). LDL kolesterol düzeyini düşürücü özelliği nedeniyle, mısır özü yağı ve üretim yöntemleri son zamanlarda büyük ilgi görmektedir (Ni ve ark., 2016).

Bu tez çalışmasında; mısır ruşeyminden (özünden) soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemleri ile mısır özü yağı üretimi, üretilen mısır özü yağlarında da ham yağ verimi yanısıra yağ asidi kompozisyonu, trigliserit bileşimi, tokoferol ve sterol içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca, ham mısır özü yağının üretiminde kullanılan yöntemlere göre (soğuk presyon, çözgen ekstraksiyon) elde edilen mısır özü yağlarının özellikleri birbirleriyle kıyaslanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mısır (*Zea mays* L.), *Poaceae* (buğdaygiller) familyasına ait tek çenekli (monocotyledon) bir bitkinin tohumları olup tek yıllık tahıl ürünüdür. Dünyanın birçok yerinde temel gıda maddesi olarak kabul edilen mısır, pirinç ve buğdaydan sonra dünyanın önde gelen üçüncü mahsulüdür (Rouf Shah, Prasad, & Kumar, 2016).

Bu bölümde mısır bitkisinin genel özelliklerinin yanısıra mısır özünden (ruşeym) elde edilen yağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

2.1. Mısır

Tahıllar (hububat), buğdaygiller familyası bitkilerinin tohumları olan buğday, çavdar, mısır, pirinç, yulaf, kuşyemi ve darı gibi danelerin tümünü ifade etmektedir. Tahıl taneleri, tek yıllık bitkilerin tohumlarıdır ve günlük enerji ihtiyacımızın yarısından fazlasını sağlarlar. Beslenme amacıyla kullanılan bir çok tahıl ve tahıl ürünü bulunmakla birlikte, bunlar içerisinde buğday, mısır ve pirinç en önemli enerji kaynaklarından birisidir ve tüm tahıl tüketiminin %94'ünü oluştururlar. Bu tahılların tüketim miktarları bölgeden bölgeye büyük ölçüde değişiklik göstermekle birlikte; buğday özellikle Orta Asya, Orta Doğu, Güney ve Kuzey Amerika ve Avrupa'da daha çok tercih edilirken pirinç ise Asya'da daha çok tüketilmektedir. Bununla birlikte mısır ise daha çok Güney ve Doğu Afrika, Orta Amerika ve Meksika'da kullanılmaktadır (Ranum, Peña-Rosas, & Garcia-Casal, 2014).

Mısır, *Poaceae* familyasına ait yedi alt türden oluşan önemli bir tahıl türüdür. Mısırın alt türleri ise şunlardır:

- Atdişi mısır (*Zea mays indendata*),
- Patlak mısır (*Zea mays everta*),
- Şeker mısır (*Zea mays saccharata sturt*),
- Sert mısır (*Zea mays indurata*),
- Unlu mısır (*Zea mays amylaceae*),
- Kavuzlu mısır (*Zea mays tunicata*) ve

- Mumsu mısır (*Zea mays ceratina*)’dir (Erdal, 2019; Kumar & Narayan Jhariya, 2013)

Mısır aynı zamanda Zea, Mısır, İpek Mısır gibi farklı adlarla da bilinmektedir. Hintçe’de mısıra Makka ve Barajovar adı verilmektedir. Mısır, Amerikalıların ana tahıl bitkisidir ve yeni dünyanın en eski çeşidi olarak kabul edilir (Kumar & Narayan Jhariya, 2013). Mısır bitkisi, yüksek orandaki gıda talebini karşılamada kritik bir role sahip olduğu için dünya çapında en çok yetiştirilen ürünlerden biridir (Haarhoff & Swanepoel, 2018).

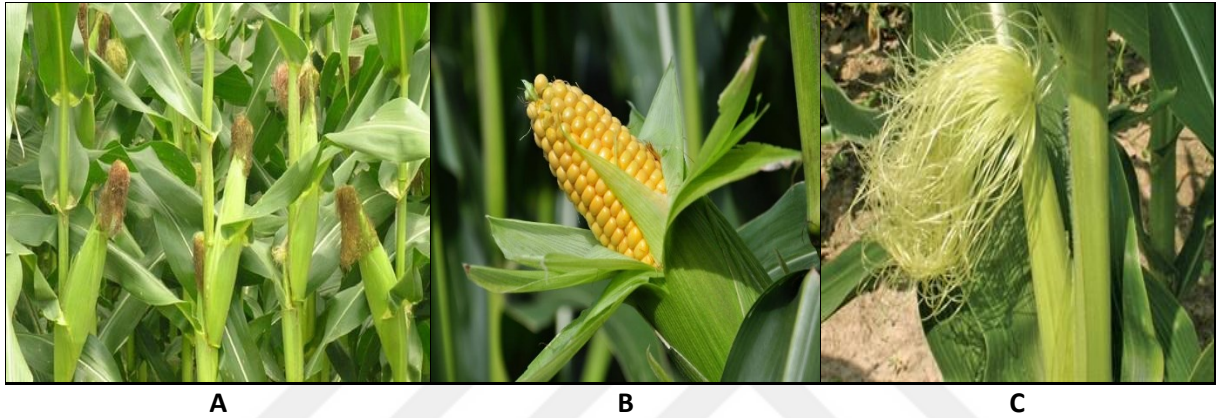
Mısır, 1492’de Güney Amerika kıtasında keşfinden sonra diğer kıtalara yayılmış ve şuan tüm dünyada üretimi yapılmaktadır. Mısır üretimi yapan başlıca ülkeler arasında ABD, Brezilya, Çin, Arjantin, Hindistan, Tayland, Meksika, Endonezya, Fransa ve Türkiye bulunmaktadır (İnce, Bahadıroğlu, Toroğlu, & Bozdoğan, 2013; Kumar & Narayan Jhariya, 2013; Owoyele ve ark., 2010)

Mısır, büyük, güçlü, dik saplara ve gövdenin zıt taraflarında dönüşümlü olarak aralıklı uzun dar yapraklara sahip lifli bir kök sistemi olan tek yıllık bir bitkidir (Owoyele ve ark., 2010). Mısır çeşitlerinin boyları çiçeklenme sırasında 0.5 ila 5 metre arasında değişebilir. Mısır, ekiminden itibaren 60 ila 330 gün içinde olgunlaşır ve bitki başına 1 ila 4 başak verir. Başak başına 10 ila 1.800 tane meydana gelir ve bir hektar alandan 0.5 ila 23.5 ton ürün elde edilir. Mısır taneleri renksiz (beyaz), sarı, kırmızı, mavi veya bu renklerle alacalı veya çizgili desenlerde olabilir. 50° Kuzey’den 40° Güney enlemlerine kadar geniş bir alanda yetiştirilebilen mısır, çöl ve yüksek yağışlı ortamların yanı sıra deniz seviyesinden 0 ile 4.000 metreye kadar değişen yüksekliklerde yetiştirilebilmektedir. Kusursuz çiçekler üreten diğer otların aksine, mısır bitkisi tepede sapın ucunda karışık salkım (tepe püskülü) şeklinde erkek çiçekler ve sapın orta kısmında yaprak koltuğunda koçan şeklinde dişi çiçekler bulunur. Her bitkide 1-3 koçan bulunur. Mısır bitkisi tek evcikli (monoecy) yani erkek ve dişi çiçekler aynı bitki üzerinde fakat ayrı ayrı yerlerdedir. (Elawad, 2019). Mısır bitkisinin ve tohumlarının morfolojik görünümü Şekil 1’de gösterilmektedir.

2.1.1. Mısır Tanesinin Yapısı

Yüksek kalitede mısır üretmek amacıyla bitki büyümesini anlamak ve optimize etmek için mısır tanesinin yapısına ilişkin özellikleri bilmek gereklidir. Mısırın kalitesi, tane boyutu ve rengi,

perikarp, endosperm ve ruşeym oranları, flotasyon indeksi, yoğunluk, nem ve zarar görmüş tanelerin yüzdesi gibi fiziksel özelliklerle değerlendirilir (Gaytán-Martínez, Figueroa-Cárdenas, Reyes-Vega, Rincón-Sánchez, & Morales-Sánchez, 2006). Benzer şekilde, olgun tanenin yapısının anlaşılması, tohum üretimi, hayvan besleme veya gıda uygulamaları veya diğer endüstriyel kullanımlar olsun, nihai kullanımından bağımsız olarak hasat, kurutma, depolama ve pazarlamada optimum kalitenin korunması için gereklidir (García-Lara, Chuck-Hernandez, & Serna-Saldivar, 2019) .



Şekil 2.1. Mısır bitkisi (A), mısır tohumları (B) ve mısır püskülü (C)

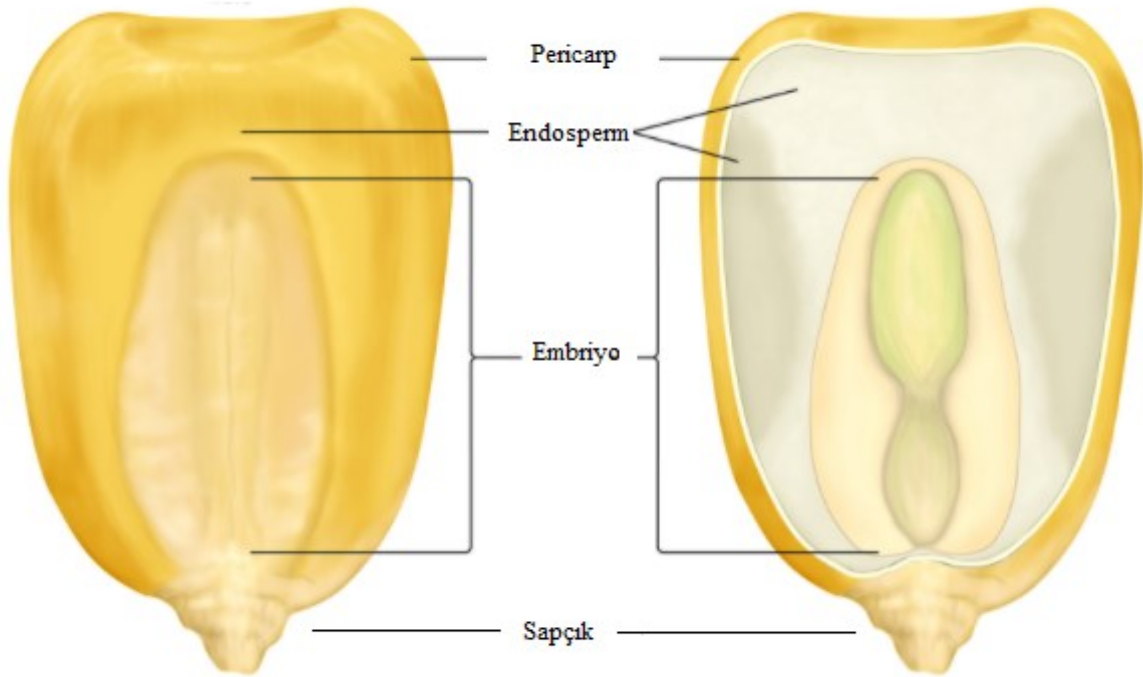
Mısır bitkisi, çok yapraklı tek bir filizi ve kabuk yapraklarıyla kaplı bir koçana dönüşen dişi çiçeklenme ile sonlanan bir yan dalı destekleyen, saçak kök sistemine sahip uzun yapraklı bir yapıdır. Koçan adı verilen dişi çiçeklenme üzerinde mısır taneleri üretilir. Bir hibrit koçanda yaklaşık 800-1000 tane üretilir ve koçan olarak bilinen kulağın iç silindirinden çıkarılır. Koçan öz adı verilen parankim hücrelerinin merkezi bir çekirdeğinden oluşur ve gerekli bileşenleri depolamasını sağlar (Altinel, 2002; García-Lara ve ark., 2019) (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Mısır Tanesinin İçerdiği Başlıca Bileşenler (%KM) (Altinel, 2002)

BİLEŞEN ADI	DEĞİŞİM ARALIĞI	ORTALAMA
Nem (%)	7 – 23	16.0
Nişasta (%) ^a	61 – 78	71.7
Protein (%) ^a (N x 6.25)	6 – 12	9.5
Yağ (%) ^a	3.1 – 5.7	4.3
Kül (%) ^a	1.1 – 3.9	1.4
Lif (%) ^a	8.3 – 11.9	9.5

Botanik açıdan değerlendirildiğinde, karyopsis olarak sınıflandırılan mısır tanesi olgunlaştığında kuru, cansız ve tek tohumlu bir meyve olarak karakterize edilmektedir (Haegeler, 2008). Mısır tanesinin olgun yumurtalık duvarı (perikarp), tüm tahıllarda olduğu gibi, tohum yapısında doğal olarak ayrılmamaktadır. Mısır taneleri, koçanın bir uzantısı olan sapçık adı verilen kısım tarafından koçana bağlıdır. Sapçık, mısırın gelişimi sırasında, saptaki ileti kanalları aracılığı ile fotosentez ürünlerini geliştirmekte olan taneye taşır. Hasat sırasında mısır tanesi kulak adı verilen kısımdan ayrıldığında sap kırılarak keskin bir uç meydana gelir. Meydana gelen bu uç başlığı, taneye bağlı kalan konik, lifli bir yapıdır (García-Lara ve ark., 2019).

Mısır tanesi dört ana kısımdan oluşur. Bunlar Perikarp, Endosperm, Embriyo (mısır özü, ruşeym) ve Sapçık kısımlarıdır (Altınel, 2002). Mısır tanesinin yapısı ve kısımları Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Mısır Tanesinin Yapısı ve Kısımları

2.1.1.1. Perikarp (Kabuk)

Genellikle kabuk olarak bilinen perikarp, çekirdeğin en dıştaki örtüsüdür ve tane ağırlığının %5-7'sini oluşturur. İnce bir yapıya sahip olan perikarp tabakası diğer kısımlarla kıyaslandığında çok düşük oranlarda bulunmasına rağmen, büyük ölçüde karbonhidratlardan,

özellikle lif veya selülozdan oluşur ve fitokimyasallar açısından da zengindir (García-Lara ve ark., 2019; Hopkins, Smith, & East, 1903).

Perikarp tabakası dış yüzeyden içe doğru; epidermis, mezokarp, çapraz hücreler, tüp hücreleri ve tohum kabuğu kısımlarından oluşur. Perikarpın tüm ana hücreleri içi boş tüp yapısındadır ve uç kapağından giren suyun hızlı bir şekilde emilmesi için önemli kanallardır. Perikarpın ana işlevi, tahılı abiyotik ve biyotik streslerden korumak veya savunmaktır (García-Lara ve ark., 2019).

2.1.1.2. Endosperm

Mısır tanesinin endosperm kısmı, tanenin olgunlaşması için gereken enerji kaynağıdır (Altınel, 2002). Mısır tanesinin büyük bir kısmını oluşturan endosperm, dış kısmında aleurone tabakası ve onun altında nişastanın depolandığı yapı olmak üzere iki kısımdan meydana gelir (García-Lara ve ark., 2019). Endosperm kısmı, olgun tanenin kuru ağırlığının %80-90'ını oluşturur ve ağırlıkça %86-89'u da nişastadan oluşur. Endosperm kısmı sert, yarı saydam ve nişastadan dolayı unsu bir yapıda depolama organıdır (Kowles, Phillips, & Kowles, 1988; Macke, Bohn, Rausch, & Mumm, 2016)

Nişastalı endosperm hücreleri, ince bir hücre duvarı, bir protein matrisine gömülü nişasta granülleri ve küresel şekilli protein gövdelerinden oluşur. Çapı 3–25 mm olan yuvarlak veya polihidrik nişasta granülleri ile kaplanmış çoğunlukla uzun hücrelerden yapılmıştır. Olgun bir çekirdekte, her bir granül, aynı zamanda gömülü protein granüllerinin (protein gövdeleri) bulunduğu sürekli bir protein matrisi içerisinde yer alır. Hücreler ince, oldukça çukurlu duvarlarla çevrelenmiştir (García-Lara ve ark., 2019).

Mısırın sarı rengi, genellikle karotenler ve ksantofillerden oluşmaktadır ve endospermdeki karotenoid pigmentlerinden meydana gelirler. Endosperm, yağda çözünen A vitamini (β -karoten) ve suda çözünen vitaminlerin bir çoğunu içerir. Başlıca ksantofil pigmentleri, sarı mısırdaki toplam karotenoid pigmentlerin %90'ını oluşturan lutein ve zeaksantindir. Taze öğütülmüş mısırın endosperm tabakası kilogram başına 300-450 mg karotenoid pigmenti içerir (García-Lara ve ark., 2019).

2.1.1.3. Embriyo (Ruşeym)

Embriyo ve endosperm, tahıllar gibi yüksek yapılı bitkilerde çift döllenme sonucu meydana gelir. Embriyo, hücrel faaliyetlerini hiçbir zaman kaybetmeyen, olgun bir bitki oluşturmak için çimlenmeden sonra gelişimine devam eden canlı bir yapıdır (Magnard ve ark., 2004).

Embriyo (ruşeym, öz), embriyonik eksen ve skutellum olarak da bilinen iki ana bölümden meydana gelir. Skutellum, embriyonun çimlenmesi için gerekli temel besin maddelerinin sağlayan ve protein, lipitler ve mikro besinler açısından zengin bir dokudur. Tane ağırlığının yaklaşık %12'sini oluşturan ruşeym kısmı tanedeki toplam yağın yaklaşık %80-85'ini içermektedir. Ayrıca, albümin ve globülinlerin çoğunu içerir. Ruşeym besinleri ve hormonları depolayan bir yapıdır. Mısır tanesindeki minerallerinin %78'in içeren embriyo, inorganik bileşik olan fosfor ve organik formda bulunan sülfür, metiyonin ve sistein aminoasitlerini yapısında bulundurur (García-Lara ve ark., 2019).

Olgun mısır embriyosu lipitler bakımından zengindir (Magnard ve ark., 2004). Ruşeym, çoğu trigliserit yapısında olan çekirdek yağının %81-85'ini depolar. Yağ konsantrasyonundaki her %1'lik artış, nişastada yaklaşık %1.3-1.6 ve proteinde %1'lik bir düşüşe neden olur (García-Lara ve ark., 2019).

2.1.1.4. Sapçık (Tip Cap)

Sapçık çekirdeğin ucunu kaplayan küçük bir kapaktır ve mısır tanesinin korunmasını sağlar. Koçana benzeyen bir yapısı bulunan sapçık uç başlığı koçana bağlıdır ve taneye madde giriş çıkışını sağlar (Altinel, 2002; Hopkins ve ark., 1903).

2.1.2. Dünya’da ve Türkiye’de Mısır Bitkisi Üretimi ve Tüketimi

Dünya’da tahıllar arasında en fazla üretim payına sahip olan mısırın (*Zea mays L.*) anavatanı bir çok kaynakta Meksika ve Orta Amerika olarak belirtilmektedir (Cengiz, 2016; Shrestha, Timsina, Subedi, Pokhrel, & Chaudhary, 2019). Geniş bir üretim alanına sahip olan mısır Dünya’da en fazla Amerika’da üretilmektedir. Mısır üretimi yapan diğer ülkeler arasında Brezilya, Çin, Hindistan, Meksika ve Fransa önemli paya sahiptir (Lakshmi, Kumari, & Reddy, 2017; Salih, 2001). 2019-2020 sezonunda Dünya’da mısır ekimi yapılan toplam alan yaklaşık 198 milyon hektardır ve yaklaşık 1.2 milyar metrik ton üretim gerçekleştirilmiştir (SGB, 2020).

Ekili tahıllar arasında beşinci sırada yer alan mısır, toplam tahıl verimi içinde üçüncü sırada yer almaktadır (Lakshmi ve ark., 2017).

Son beş yılın verilerine bakıldığında mısır üretiminde %9, tüketiminde ise %13'lük bir artış söz konusudur. Fakat iklim değişikliğinden kaynaklı 2018 ve 2019 yılları arasındaki verilere kıyasla 2019 ve 2020 yıllarında mısır üretiminde ve veriminde %2 oranında bir azalma meydana gelmiştir (Anon., 2020). 2016 ile 2020 arasında Dünya mısır üretim, tüketim ve diğer verileri Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Dünya Mısır Üretimi ve Tüketimi Verileri (bin ton) (SGB, 2020)

	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	Değişim (%)
Alan (bin ha)	194.834	191.473	191.823	192.352	198.133	3.0
Verim (ton/ha)	5.9	5.6	5.9	5.8	6.0	3.6
Üretim	1.127.505	1.078.620	1.123.344	1.113.499	1.188.476	6.7
Tüketim	1.062.701	1.091.240	1.126.232	1.120.788	1.157.571	3.3
Yılsonu Stokları	352.198	341.275	320.130	312.907	337.873	8.0
İthalat	135.577	149.930	162.924	169.557	176.562	4.1
İhracat	160.567	148.233	181.181	169.491	182.501	7.7
İhracat fiyatı (\$/ton)	167.3	172.5	172.0	167.9	-	-2.4

Türkiye'de 1980 yılından sonra mısır üretiminde devletin teşviki ve mısır üretim tekniklerindeki gelişmeler ile önemli bir artış meydana gelmiştir (Cengiz, 2016). Türkiye'nin hemen her bölgesinde üretimi yapılan mısır, elde edilen verimin yüksek olması sebebi ile en fazla Akdeniz bölgesinde üretilmektedir. Ülkemizde Akdeniz Bölgesi mısır üretiminin %44.7'sinin karşılamış olup üretimin en fazla yapıldığı il Adana'dır (Salih, 2001).

Türkiye'de son yıllarda bazı bölgelerde (İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi) mısır ekim alanlarında yapılan genişleme ile mısır üretiminde artış meydana gelmiştir. Konya, yapılan alan genişlemesi ile mısır üretiminde önde gelen iller arasına girmiştir. Ülkemizde mısır üretimi 2015 yılında 6.4 milyon ton iken 2018 yılında bu miktar 5.7 milyon ton olarak belirlemiş ve 2019 yılında ise üretim 6 milyon ton olarak gerçekleştirilmiştir (Anon., 2020; SGB, 2020), Türkiye'de ki mısır üretim verileri tablo 2.3'te yer almaktadır.

Tablo 2.3. Türkiye’de Mısır Üretimi ve Tüketimi Verileri (bin ton) (SGB, 2020)

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	Değişim (%)
Alan (1000 da)	6.586	6.882	6.800	6.391	5.919	-7,4
Verim (kg/da)	903	930	941	923	963	4,3
Üretim	5.950	6.400	6.400	5.900	5.700	-3,4
Tüketim	6.834	5.913	7.074	7.804	7.866	0,8
Stok Değişimi	451	295	-169	1	-151	-15.200,0
İthalat	1.936	604	1.425	2.752	3.682	33,8
İhracat	421	604	728	670	1.496	123,3

2.1.3. Mısırın Kullanım Alanları

Dünyanın en yaygın tahıl bitkisi olan mısır insan gıdası için endüstride çok geniş alanlarda hammadde olarak kullanılmaktadır. Mısır bitkisinin taneleri, yaprakları, mısır püskülü ve sapı çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Owoyele ve ark., 2010). Mısır aynı zamanda hayvan yemi olarakda yoğun bir şekilde yetiştirilir ve kullanılır. Mısır nişastası, seyreltici olarak kozmetik ve ilaç endüstrisinde, mısır tohumları, kağıt üretiminde, mısır embriyosundan elde edilen yağ sabun üretiminde kullanılır. Ayrıca mısır etiket ve zarfların kapatılması ve yapıştırması için kullanılan dekstrinlere sahiptir (Elawad, 2019; Kumar & Narayan Jhariya, 2013).

Mısır çeşitli hastalıkların tedavisi için kullanılmaktadır. Mısır püskülü, antidiyabetik veya idrar söktürücü olarak kullanılır ve safra taşlarının tedavisi içinde tüketilmektedir. Mısır koçanı ise öksürük tedavisinde kullanılmaktadır. Bazı geleneksel tıp pratisyenlerinden ve bazı hastalarından elde edilen bilgiler, kabuğun kaynatılmasının ağrı ve artrit tedavisinde de kullanıldığını ortaya koymaktadır (Owoyele ve ark., 2010).

2.1.3.1. Mısır Özü

Mısır tanesi (*Zea mays L*) yaklaşık %70-73 nişasta, %9-10 protein, %4-5 yağ, %1-2 kül, %2 şeker ve %9-10 ham lif içerir (Jacson & Donald L. Shandera, 1997). Mısır tanesinin bileşeni olan ve tanenin canlı kısmını oluşturan embriyo çimlenme sırasında kök ve sürgünleri geliştirmek için gereken enzimleri ve yapı taşlarını içerir (Rausch & Eckhoff, 2015).

Mısır ruşeymi yani mısır özü, tanenin embriyo veya üreme bölümünde yer alan canlı yapıdır. Mısır özü, embriyonik eksen ve skutellum olarak adlandırılan yapılardan oluşur. Skutellum tanenin kuru ağırlığının %10-12’sini oluşturur. Skutellumun büyük kısmı, yoğun bir şekilde

sitoplazma ile kaplanmış kalın duvarlı izodiyametik hücrelerden oluşur. Mısır özünün sahip olduğu yağ, bu hücrelerin içinde damlacıklar halinde bulunur. Skutellum hücreleri, tanedeki lipidlerin %80-85'ini içerir ve neredeyse hepsi serbest triasilgliseritler formundadır. Skutellum epitel, pentoglukanlar ve proteinlerden oluşan çözünmeyen bir madde ile endosperme yapışır. Özü ve endospermi ayırmanın kimyasal veya fiziksel yollarına direnen bu bağ, verimli ayrılması için ıslak öğütme işlemi gibi farklı yöntemler uygulanarak ayrılır (Jacson & Donald L. Shandera, 1997).

Mısır özü, tane ağırlığının %5-14'ünü oluşturur ve özellikle yağın %18-41'i için iyi bir temel besin kaynağıdır (Nasir, Butt, Anjum, Jamil, & Ahmad, 2009). Öz yüksek oranda çekirdek yağı, suda çözünür protein, suda çözünür karbonhidratlar, vitaminler ve mineraller içermesi bakımından gıda endüstrisinde bir yağ kaynağı olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Yağ ekstraksiyonundan sonraki öz keki kalıntısında proteinler ağırlıkça %15-30 arasında bulunmaktadır. Bu nedenle iyi bir potansiyel protein kaynağıdır (Cerletti & Restani, 1985; Rausch & Eckhoff, 2015).

2.1.3.2. Mısır Özü Yağı

Yenilebilir yağlar yaşamsaldır ve gıda ürünlerine lezzet ve doku özellikleri kazandırarak birçok yiyeceğin önemli bir bileşeni olarak kullanılmaktadır (Shende & Sidhu, 2014). Mısır yağı üretimi, nişasta bazlı şeker, tatlandırıcı ve nişasta üretiminde kullanılan mısır miktarının artması nedeniyle son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Neredeyse mısır yağının tamamı, gıda endüstrisi için yüksek kaliteli yağ haline gelmiştir (Feng ve ark., 2002). Mısır yağı, değirmenlerde mısır tanesinin endosperminden nişasta ekstraksiyonu sonrası kalan ruşeymden (embriyo, öz) ekstrakte edilebilen önemli bir üründür (Rajendran, Chaudharyand, & Mahajan, 2017).

Mısır yağı içeriği %6'dan fazla olan mısırlar, yüksek kaliteli bir bitki olarak kabul edilir (Rouf Shah ve ark., 2016). Mısır yağındaki yağ asidi bileşimi geniş bir aralıkta değişir. Yapılan araştırmalara göre, mısır yağında dört temel yağ asidinin bulunduğu ve bu yağ asitlerinin doymuş yağ asitleri olan palmitik ve stearik asit ile doymamış yağ asitleri olan oleik ve linoleik asit olduğu ve mısır yağının bileşiminin %96'sını oluşturduğu belirlenmiştir. Mısır yağının kalitesi içerdiği çok doymamış yağ asitlerinin oranı yanısıra doymuş yağ asitlerinin doymamış yağ asitlerine oranıyla ilişkilidir (Jovanovic, Dokic, & Maric, 2005).

Corn Refiners Association (Mısır Üreticileri Birliği)'ne göre mısır yağı, yaklaşık %86 doymamış yağ ve yaklaşık %13 doymuş yağdan oluşmaktadır. Bir yemek kaşığı mısır yağı, günlük tokoferol (E vitamini) ihtiyacımızın %15'ini sağlamaktadır. E vitamini, vücutta antioksidan görevi gören ve vücudumuzu serbest radikal hasarından koruyan temel bir besin maddesidir (Shende ve Sidhu, 2014). Toplam tokoferol içeriğinin, yağdaki yağ asidi bileşiminden etkilendiği de bilinmektedir. Daha yüksek doymamış yağ asidi içeriğine sahip yağlar daha fazla tokoferol içermektedir (Jovanovic ve ark., 2005).

Tokoferoller esas olarak α , β , γ ve δ formlarında bulunan doğal antioksidanlardır. Mısır tohumu yağındaki toplam tokoferol içeriğinin %60'ından fazlasını γ -tokoferol oluşturur. Yapılan çalışmalarda; γ -tokoferolün, koyu renkli bir yağa neden olan, diğer oksidasyon ürünleri gibi renkli maddelere oksitlenebileceğini göstermiştir. Tokoferol içeriğinin soya fasulyesi yağında kırmızı bir renk verdiği bildirilmiştir. Mısır yağı esas olarak ıslak veya kuru öğütme işlemlerinin bir ürünü olan mısır tanesinden elde edilir. Mısır tanesi, kuru madde esasına göre ıslak öğütmede %40-50 ve kuru öğütmeden %20-25 yağ içerir (Zheng ve ark., 2018).

Ham yağ, mısırın öğütülmesi sırasında geri kazanılan ruşeymden elde edilir (Feng ve ark., 2002). Bilindiği gibi, mısır özü yağının başlıca ekstraksiyon yöntemleri genel olarak presleme ve çözücü ekstraksiyonudur (Han ve ark., 2018). Geleneksel olarak, mısır özü yağı ekstraksiyonu fiziksel ve kimyasal yöntemlerle yapılır. Bu geleneksel yöntemlerde, mısır yağı ekstraksiyonunda ruşeym öncelikle şartlandırma işlemlerine (ısıtma, nemlendirme ve ekstrüzyon) ve daha sonra ön presleme ve çözücü ekstraksiyonu ile (hekzan kullanılarak) yağ ekstraksiyonuna tabi tutularak mısır yağı elde edilir (Navarro, Capellini, Aracava, & Rodrigues, 2016; Ni ve ark., 2016; Rebolleda, Rubio, Beltrán, Sanz, & González-Sanjósé, 2012).

Mısır özü yağı çeşitli geleneksel ve yeni geliştirilmiş ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilmektedir. Bunlar;

- Soğuk Presleme
- Çözgen Ekstraksiyon
- Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu
- Sulu Ekstraksiyon
- Enzim destekli Sulu Ekstraksiyon (EAAE)'dur (Shende & Sidhu, 2014).

Bu yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılan soğuk presleme ve çözgen ekstraksiyonlarıdır.

Mısır özü yağı ekstraksiyonu üzerine yapılan bir araştırmada, yağ üretiminde kullanılan farklı yöntemler karşılaştırılmış ve avantaj-dezavantajları Tablo 2.4. de gösterilmiştir. Tablodan, enzim içeren veya içermeyen sulu ekstraksiyon ortamına dayalı olarak yenilebilir yağların ekstraksiyonunun, şu anda kullanılan solvent bazlı işlemlere göre çeşitli potansiyel avantajlar sağladığı gözlenmiştir (Shende & Sidhu, 2014).

Tablo 2.4. Farklı Ekstraksiyon Yöntemlerinin Avantaj ve Dezavantajlarının Karşılaştırılması

METOD	AVANTAJ	DEZAVANTAJ
Hekzan Ekstraksiyonu	Yüksek yağ verimi	Sağlık ve güvenlik sorunları ve buna ilişkin maliyetler
Soğuk Presyon	Güvenli, basit	Düşük yağ verimi, yüksek enerji kullanımı
Süperkritik Sıvı Ekstraksiyonu	İyi yağ verimi, güvenli	Hekzana göre maliyeti daha yüksek, yüksek basınçlı
Etanol Ekstraksiyonu	Yarı "yeşil"	Küspeden çözgeni uzaklaştırma maliyeti yüksek
Sulu Ekstraksiyon	"Yeşil"	Çok düşük yağ verimi
Enzim Destekli Sulu Ekstraksiyon (EAAE)	"Yeşil" Yüksek yağ verimi	Yüksek enzim maliyeti

Han ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, ultrason destekli sulu enzimatik ekstraksiyonu yöntemiyle mısır tohumundan elde edilen yağların verimi ve kalitesinin yanısıra antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Ultrases kullanılarak yapılan bu işlemde optimum ekstraksiyon koşulları olarak ultrasonik işlem süresi 20 dakika ve sıcaklık 40°C olarak belirlenmiştir. Sulu enzimatik yöntemle ekstrakte edilen mısır özü yağı, çözücü kullanılarak elde edilen mısır özü yağı ile karşılaştırıldığında kalite özelliklerinin daha iyi olduğu saptanmıştır. Her iki yöntemle elde edilen mısır özü yağlarının yağ asidi bileşimlerinde hemen hemen önemli bir fark bulunmamıştır (Tablo 2.5.). Mısır özü yağının antioksidan kapasitesi üzerinde özellikle DPPH serbest radikali, hidroksil serbest radikali ve süperoksit anyon serbest radikali etkili olmaktadır.

Sonuç olarak mısır özü yağı iyi bir antioksidan ve serbest radikal temizleyicidir. Yemeklik sıvı ve katı yağlara belirli miktarda mısır özü yağı eklenirse, sadece depolanabilirliği iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda insan sağlığı üzerinde de olumlu bir etki meydana gelebilir (Han ve ark., 2018)

Tablo 2.5. Farklı ekstraksiyon yöntemleriyle mısır özü yağındaki yağ asidi bileşenleri ve içerikleri

Yağ Asitleri (%)	Sulu EnzimatikYöntem	Çözgen Ekstraksiyonu
Palmitik Asit (C16:0)	12.80±0.27	13.01±0.26
Palmitoleik Asit (C16:1)	0.17±0.01	0.16±0.01
Stearik Asit (C18:0)	1.56±0.06	1.75±0.05
Oleik Asit (C18:1)	22.09±0.66	23.28±0.61
Linoleik Asit (C18:2)	51.56±0.52	51.92±0.57
Linolenik Asit (C18:3)	0.50±0.02	0.49±0.01
Arakidik Asit (C20:0)	0.33±0.01	0.44±0.02
Arakidonik Asit (C20:1)	0.34±0.01	0.38±0.01

Rebolleda ve ark. (2012), öğütülmüş mısır tohumundan süper kritik karbondioksit ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen yağlarda proses parametreleri, ekstraksiyon verimi ve yağ kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Süperkritik ekstraksiyon denemelerinde uygulanan farklı ekstraksiyon basınçlarının (20.0–53.0 MPa), sıcaklıklarının (35–86 °C) ve solvent akış hızlarının (4–9 kg CO₂/saat) etkileri araştırılmıştır. Ekstre edilen mısır yağında yağ asidi bileşimi, nötr lipidler, tokoferol içeriği, asit indeksi, peroksit değeri, antioksidan kapasitesi ve oksidatif stabilite değerleri belirlenmiştir. Tablo 2.6’da SC-CO₂ ekstrakte yağların peroksit değeri, antioksidan kapasitesi (DPPH) ve tokoferol içeriği verilmiştir. Elde edilen ekstraksiyon eğrileri, ekstraksiyon işleminin, ekstraksiyonun ilk aşamalarında SC-CO₂ içindeki yağın çözünürlüğü ile kontrol edilebileceğini göstermektedir. Ekstraksiyon işlemlerinde ekstraksiyon sıcaklığı arttıkça tokoferol içeriğinde azalma meydana gelmektedir. Mısır özü yağlarındaki tokoferol içeriği ekstraksiyon sıcaklığı ve basınca bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Mısır özünün SC-CO₂ ile ekstraksiyonu, geleneksel ekstraksiyon ile elde edilen yağlara göre daha düşük asitlik değerlerine sahip iyi kalitede yağ elde edilmesini sağlamaktadır. SC-CO₂ mısır özü yağının yüksek bir antioksidan kapasitesi olduğu belirlenmiştir (Rebolleda ve ark., 2012).

Tablo 2.6. SC-CO₂ İle Ekstrakte Mısır Yağlarının Peroksit Değeri, Antioksidan Kapasitesi (DPPH) ve Tokoferol İçeriği

	R9 56 °C	R10 57 °C	R11 84 °C	R12 84 °C
Peroksit değeri (meq / kg yağ)	25±2	24±1	21±1	20±1
DPPH (mmol BHT / kg yağ)	22±3	25±2	34±1	32±3
Tokoferol içeriği (ppm)	1082±14	1090±3	1481±8	1397±17
α-Tokoferol	71±5	59±1	97±2	86±2
β-Tokoferol	65±1	63±1	65±1	64±1
γ-Tokoferol	945±8	967±1	1303±4	1232±11
δ-Tokoferol	ND*	ND	17±1	15±3

* ND: Tayin edilememiş, belirlenememiş

Ronyai ve ark. (1998) tarafından yapılan diğer bir araştırmada da, mısır ruşeyminin karbondioksit ve etil alkol karışımları ile ekstraksiyon oranının belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Ekstraksiyonda kullanılan etil alkol miktarının yağların bileşimi üzerindeki etkisi ile geriye kalan proteinlerin besleyici değeri ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Çalışma CO₂ içinde ağırlıkça %0 ila %10 arasında değişen etil alkol miktarı ile sabit basınç ve sıcaklıkta (300 bar, 315 K) gerçekleştirilmiştir. Hekzan ile gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda, SC-CO₂'e göre biraz daha açık renk tonuna sahip mısır yağı elde edilmiştir. Her iki yöntemle de elde edilen yağlar arasında koku yönünden önemli bir farkı görülmemiştir. Fosfolipit ve diğer polar lipidlerin pratik olarak saf CO₂ içinde çözünmediği ve ekstrakte edilen ürünlerde kaldıkları bilinmektedir. Saf CO₂ ve CO₂-alkol çözücülerini kullanılarak elde edilen yağların fosfolipid içerikleri Tablo 2.7.'de verilmiştir. CO₂'deki alkol konsantrasyonunun artırılması, fosfolipitlerin çözünürlüğünü önemli ölçüde iyileştirmiştir. Çözücüde ağırlıkça %7.5'ten fazla alkolün karıştırılması durumunda fosfolipit içeriğinde önemli bir artışa sebep olmamıştır.

Tablo 2.7. Yağların fosfolipid içeriği (ağırlıkça%)

Çözücü	Fosfolipit (%)
n-Hekzan	0.920
CO₂	0.026
CO₂+%2.5 alkol	0.048
CO₂+%5 alkol	0.115
CO₂+%7.5 alkol	0.772
CO₂+%10 alkol	0.756

Bu çalışmanın sonucunda, süper kritik CO₂ ekstraksiyonunda etanol kullanımının sadece yağların ve ekstrakte edilmiş proteinlerin bileşimini değil, aynı zamanda kalan protein miktarı ve izolatlarının fonksiyonel özelliklerini de etkilediği bulunmuştur. Fonksiyonel özelliklerin proteinin fosfolipid içeriğine bağlı olduğu saptanmıştır. Alkolün birlikte çözücü olarak kullanılmasının ise protein materyallerinin işlevselliğini geliştirdiği görülmüştür. İzole edilmiş proteinlerin emülsifiye etme, köpürme ve absorpsiyon özellikleri, süper kritik çözücü karışımında etil alkol kullanıldığında daha iyi sonuç vermiştir. Mısır tohumu proteinlerinin fonksiyonel özelliklerinin çok iyi olduğu ve bu nedenle gıda endüstrisinde kullanılabileceği tavsiye edilmiştir (Rónyai ve ark., 1998)

Aydeniz Güneşer ve ark. (2017), soğuk preslenmiş ve tam rafine edilmiş vinterizasyon (kışlatma, stearinsizleştirme) işlemine tabi tutulan mısır yağlarını karakterize etmek ve karşılaştırmak için yaptıkları bir çalışma da; soğuk preslenmiş mısır yağlarının serbest yağ asitliği (FFA), peroksit (PV) ve p-anisidin (p-AV) değerleri, sabunlaşma sayısı, toplam karotenoid ve fenolik içeriklerinin rafine edilmiş vinterize mısır yağlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada soğuk preslenmiş mısır yağlarının (CPCO) ve rafine edilmiş vinterize mısır yağlarının (RWCO) ölçülen fiziksel özellikleri Tablo 2.8.'de verilmiştir. Her iki yağ örneğinde de başlıca yağ asitleri olarak beş yağ asidi belirlenmiştir (Tablo 2.9.). CPCO ve RWCO örneklerinin yağ asidi bileşiminin birbirine çok benzer olduğu ve her ikisinin de başlıca yağ asitleri olarak yaklaşık %53 linoleik ve %30 oleik asit içerdiği saptanmıştır. Her iki yağ örneğinde de çoğunluğunu β -sitosterol, kampesterol ve stigmasterolün oluşturduğu on beş farklı sterol tespit edilmiştir. Rafine edilmiş vinterize yağ örneklerinde fenolik bileşiklerin miktarı belirlenememiş, soğuk preslenmiş yağ örneklerinde ise bazı flavonoidler (hesperidin, rutin) ve fenolik asitler (gallik, siringik, rosmarinik ve trans-ferulik) belirlenmiştir. Genel olarak, RWCO örneğindeki biyoaktif bileşiklerde önemli kayıplar olduğu saptanmıştır. Uçucu aromatik bileşim verileri beklendiği gibi, çoğu uçucu maddenin rafine numunede kaybolduğunu göstermiştir. Ayrıca, rafine mısır yağında bir miktar artık hekzan kalıntısı da bulunmuştur. Bu durum soğuk presyon ile elde edilen mısır yağlarında avantaj oluşturmaktadır. Ancak, CPCO örneğine ait duyusal analiz sonuçları RWCO örneğinden daha düşüktür. Bu çalışmanın sonucunda genel olarak biyoaktif bileşikler ve aroma bileşenleri açısından zengin yağlar elde etmek için mikotoksin ve pestisit içermeyen, temiz, saf ve kuru mısır özlerinden soğuk presyon yöntemiyle mısır yağı üretilebileceği sonucuna varılmıştır (Aydeniz Güneşer ve ark., 2017).

Tablo 2.8. Mısır Yağlarının Fiziko-kimyasal Özellikleri

Özellik	Soğuk Preslenmiş Mısır Özü Yağı	Rafine Edilmiş Mısır Özü Yağı
Kırılma indisi (25 ° C)	1.47 ± 0.01	1.47 ± 0.01
Viskozite (25 ° C, cP)	56.85 ± 0.05	55.60 ± 0.10
Bulanıklık (25 ° C, NTU)	77.50 ± 0.50	1.00 ± 0.01
Renk L	33.79 ± 0.34	42.91 ± 0.41
a *	5.02 ± 0.10	-2.52 ± 0.09
b *	9.91 ± 0.03	17.61 ± 0.75
Tortu içeriği (%)	6.89 ± 0.24	3.60 ± 0.03
Serbest yağ asitliği (%linoleik asit)	1.16 ± 0.06	0.23 ± 0.02
Asit değeri (mg KOH / g yağ)	2.32 ± 0.12	0.42 ± 0.01
Peroksit değeri (meq O ₂ / kg yağ)	9.29 ± 0.03	6.67 ± 1.53
p-Anisidin değeri	9.09 ± 0.17	6.48 ± 0.72
İyot numarası (g iyot / 100 g yağ)	98.30 ± 15.60	105.83 ± 3.33
Sabunlaşma numarası (mg KOH / g yağ)	205.43 ± 1.35	194.13 ± 1.00
Sabunlaştırılmayan madde (%)	1.44 ± 0.05	1.13 ± 0.01
Toplam fenolikler (mg GA / kg yağ)	53.58 ± 1.04	16.23 ± 0.31
Antioksidan kapasite (mmol Trolox / kg yağ)	127.73 ± 3.04	ND
Toplam karotenoid (mg / kg yağ)	7.41 ± 0.36	0.14 ± 0.01
Zeaxanthin (mg / kg yağ)	7.89 ± 0.38	0.15 ± 0.01
Toplam klorofil (mg feofitin a / kg yağ)	ND*	ND

* ND: Tayin edilememiş, belirlenememiş

Navarro ve ark. (2016), alkollü çözücülerle ekstrakte edilen mısır özü yağlarında ekstraksiyon verimi, yağ asidi bileşimi ve yağı alınmış küspedeki proteinin çözünürlüğünü araştırmışlardır. Bitkisel yağ ekstraksiyon işlemlerinde çözücü olarak etanol ve izopropanol kullanılması, birçok bitkisel substratta yararlı olan düşük toksisite, iyi işletim güvenliği ve yüksek nutrasötik ekstraksiyon kabiliyeti gibi çok önemli avantajlara sahiptir ve ayrıca yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilirler. Bu nedenle, Navarro ve ark. (2016) mısır özü yağının bu alkoller ve sulu çözeltileri ile 50 ila 80 °C arasındaki sıcaklıklarda ekstraksiyonunu karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada, ekstraksiyonda kullanılan alkolik çözücünün türüne bakılmaksızın, yağlarda bulunan yağ asitlerinin bileşimi ve seviyeleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiş, ancak bu yağlar endüstriyel olarak hekzan ile ekstrakte edilen ham mısır yağı ile karşılaştırıldığında, linoleik asit içeriği bakımından farklılıklar gözlenmiştir. Ayrıca, tüm mısır yağlarının, düşük miktarlarda doymuş yağ asitleri

içerdiği ve sırasıyla oleik ve linoleik tekli doymamış yağ asitleri bakımından baskın olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 2.9. Mısır Yağlarının Yağ Asidi, Sterol ve α -Tokoferol Bileşimleri

Özellik	Soğuk Preslenmiş Mısır Özü Yağı	Rafine Edilmiş Mısır Özü Yağı
Yağ asitleri (%)		
Palmitik (C16: 0)	11.81 $\pm$ 0.04	11.11 $\pm$ 0.01
Palmitoleik (C16: 1)	ND*	ND
Stearik (C18: 0)	2.07 $\pm$ 0.01	2.16 $\pm$ 0.04
Oleik (C18: 1 n-9)	29.90 $\pm$ 0.03	30.81 $\pm$ 0.01
Linoleik (C18: 2 n-6)	53.89 $\pm$ 0.01	52.93 $\pm$ 0.01
Linolenik (C18: 3 n-3)	1.11 $\pm$ 0.02	0.82 $\pm$ 0.01
Steroller (%)		
Kolesterol	0.52 $\pm$ 0.17	0.51 $\pm$ 0.09
Brassicasterol	0.14 $\pm$ 0.03	0.15 $\pm$ 0.05
24-Metilen kolesterol	1.01 $\pm$ 0.12	ND
Campesterol	19.61 $\pm$ 0.16	21.90 $\pm$ 0.21
Campestanol	1.83 $\pm$ 0.03	ND
Stigmasterol	6.44 $\pm$ 0.82	6.77 $\pm$ 0.55
D-7-Kampesterol	0.38 $\pm$ 0.02	ND
D-5,23-Stigmastadienol	0.26 $\pm$ 0.06	ND
Chlerosterol	0.57 $\pm$ 0.05	ND
b-sitosterol	60.75 $\pm$ 0.26	62.23 $\pm$ 0.42
Sitostanol	4.20 $\pm$ 0.09	2.66 $\pm$ 0.65
D-5-Avenasterol	3.02 $\pm$ 0.15	3.55 $\pm$ 0.02
Δ -5,24-Stigmastadienol	0.18 $\pm$ 0.01	ND
Δ -7-Stigmastenol	0.56 $\pm$ 0.22	1.18 $\pm$ 0.07
Δ -7-Avenasterol	0.52 $\pm$ 0.13	0.92 $\pm$ 0.01
Tokoferol (mg / kg yağ)		
α -Tokoferol	248.83 $\pm$ 0.62	159.60 $\pm$ 3.99

* ND: Tayin edilememiş, belirlenememiş

Aynı çalışmada, hekzan ile endüstriyel olarak ekstrakte edilen ham mısır özü yağının tokoferol ve tokotrienol içerikleri ve 70 °C’de farklı alkol çözücülerle ardışık ekstraksiyonla elde edilen mısır özü yağları incelenmiştir. Daha önce yapılmış çalışmalarda daha yüksek polariteye sahip çözücülerin kullanımının, tokoferollerin ve tokotrienollerin ekstraksiyonunu artırdığı belirlenmiştir. Tokoferollerin polaritesi $\alpha < \beta = \gamma < \delta$ sıralaması şeklinde artar, yani kromanol

halkasına bağı metil gruplarının sayısı azaldıkça polariteleri artar. Bununla birlikte, ekstrakte edilen tokoferollerin oranı, tokotrienollerin oranından daha fazla olduğu saptanmıştır. Hekzanla ekstrakte edilen ham yağın, alkollü çözücülerle ekstrakte edilen yağlardan daha yüksek tokoferol izomerleri içerdiki belirlenmiştir (Navarro ve ark., 2016). Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre, yağ ve karbonhidratların ekstraksiyon verimleri üzerinde çözücünün türü, hidrasyon seviyesi ve sıcaklığın etkili olduğu, ancak sıcaklığın sıvı tutulması üzerinde etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Sıralı ekstraksiyon denemelerinde, su-etanol ile yapılan ekstraksiyon işlemlerinde yağ veriminin yaklaşık %70, diğerk çözücüler ile yapılan ekstraksiyonlarda ise %90'a ulaştığı görölmüştür. Genel olarak değerdendirildiğinde ise önerilen tüm alkollü çözücülerin kullanılmasıyla tokoferoller, tokotrienoller ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşikler açısından zengin mısır yağları elde etmek mümkün olmuştur (Navarro ve ark., 2016).

Winkler-Moser & Breyer (2011) yaptıkları bir çalışmada, mısır özü ve damıtarak alkol üreten tesislerin atıklarından elde edilen ham yağ ekstraktlarının bileşimi ve oksidatif stabilitesini araştırmışlardır (Tablo 2.10.). Bu çalışmada, mısır özü yağında ve etanol ile kuru öğütme işleminden fermentasyon sonrası dört mısır yağında yağ asidi bileşimi, Asit Değeri ve tokoferollerin, tokotrienollerin, karotenoidlerin, fitosterollerin ve steril ferülatların içeriğı ve bileşimi belirlenmiştir. Beş yağ için 110 C'de oksidatif stabilite indeksi belirlenmiş ve dört yağ, peroksit değeri ve hekzanal içeriğine göre 40 C'de depolama sırasındaki stabiliteleri açısından karşılaştırılmıştır. Beş yağın tamamı yağ asit bileşimi açısından mısır yağına benzediki belirlenmiştir. Asit değeri (ve serbest yağ asitlerinin yüzdesi), geleneksel bir kuru öğütme etanol işleme tesisinden santrifüjle ekstrakte edilen mısır yağında ve ham nişasta etanol işleme tesisinden (20.8 mg KOH/g yağ) çözücülerle kurutulmuş damıtıcılardan (DDGS) hekzan kullanılarak ekstrakte edilen yağda en yüksek (28.3 mg KOH/g yağ) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Asit değerinin, bir ham nişasta etanol tesisinde ince dip suyundan santrifüjle ekstrakte edilen iki yağda en düşük (5.7 ve 6.9 mg KOH/g yağ) olduğu saptanmıştır. Tokoferoller, mısır özü yağında (~1400 g/g) en yüksek seviyedekeyken, tokotrienoller, fitosteroller, steril ferulatlar ve karotenoidler, fermentasyon sonrası mısır yağlarının tamamında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Winkler-Moser & Breyer, 2011). DDGS'den hekzanla ekstrakte edilen yağ, OSI ve 40°C'deki depolama testi açısından değerdendirildiğinde oksidatif stabilitesi en iyi olan yağıdır ve bu yağın ardından ham nişasta etanol prosesinden santrifüjle ekstrakte edilen ince durgun yağ ve geleneksel kuru öğütme etanol prosesinden santrifüjle ekstrakte edilen ince durgun yağın geldiiki görölmüştür. Mısır tohumu yağının oksidatif açıdan

en az kararlı olan yağ olduğu belirlenmiştir. Oda sıcaklığında muhafaza edildiğinde, ham nişasta etanol işleminden santrifüjle ekstrakte edilen ince durgun yağın peroksit değerinin altı haftalık depolama süresince önemli ölçüde artmadığı ve üç aylık depolamadan sonra 2.0 meq peroksit/kg yağ değerinden daha az olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, fermentasyon sonrası mısır yağlarının, mısır özü yağından daha yüksek değerli fonksiyonel lipit içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Bu işlevsel lipidlerin bazılarının da, fermentasyon sonrası yağların oksidatif stabilitesini artıran antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Winkler-Moser & Breyer, 2011).

Tablo 2.10. Mısır Tanesinden (CG), Çözücülerle Kurutulmuş Damıtıcılardan (DDGS) ve Santrifüjle Ekstrakte Edilmiş İnce Durgun Sudan (CS-1, CS-2 ve CS-3).Ekstrakte Edilen Yağlarda Tokol ve Karotenoid İçerikleri ve 110 °C'deki Oksidatif Stabilité İndeksi (OSI)⁽¹⁾

	CG	DDGS	CS-1	CS-2	CS-3
Toplam tokoferoller (µg / g)	1433.60	1104.20	1056.90	934.30	783.40
Alfa tokoferol	213.80	295.60	164.50	160.40	123.20
Gama tokoferol	1185.40	760.80	852.70	742.00	640.00
Delta tokoferol	34.30	47.80	39.70	28.80	20.20
Toplam tokotrienoller (µg / g)	235.60	1762.30	1419.60	1214.40	1175.2
Alfa-tokotrienol	21.90	471.90	328.50	243.60	269.40
Gama-tokotrienol	165.60	1210.00	1063.60	963.40	880.00
Delta-tokotrienol	48.10	80.30	27.50	17.30	25.80
Toplam karotenoidler (µg / g)	1.33	75.02	129.48	61.10	85.00
Lutein	0.37	46.69	75.69	38.13	53.70
Zeaxanthin	0.40	24.16	45.58	16.78	23.70
Beta-kriptoksantin	0.56	3.31	7.35	4.12	5.10
Beta karoten	ND*	0.86	0.86	2.07	2.5
OSI (h)	3.91±0.04	6.62±0.06	4.45±0.02	4.52±0.04	5.27±0.05

⁽¹⁾ CS-1: geleneksel bir kuru öğütölmüş etanol işleme tesisinden alınan ince durgun su şurubundan santrifüjle ekstrakte edilen yağ; CS-2: ham nişasta etanol işleme tesisinden alınan ince durgun su şurubundan santrifüjle ekstrakte edilen yağ; CS-3: CS-2 ile aynı tesisten çıkarılan ikinci bir parti yağ.

* ND: Tayin edilememiş, belirlenememiş

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak mısır özü yağı üretimi denemelerinde kullanılan mısır özü (ruşeym, emriyo) doğrudan Sunar Mısır Entegre Tesisleri San. ve Tic. A.Ş.’den temin edilmiştir.

Mısır özünden soğuk presyon yöntemiyle yağ elde edilmesinde; Karaerler firması (Ankara, Türkiye) tarafından üretilen NF500 model soğuk pres yağ makinesi kullanılmıştır.

Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılan metil esterinden oluşan 37’li standart karışım (FAME) Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) firmasından temin edilmiştir (St. Louis, MO, USA). Sterol analizlerinde kullanılan Betulin [Lup-20(29)-ene-3 β , 28-diol), >98%saflıkta] iç standardı ise Sigma-Aldrich firmasından (St. Louis, MO, USA) temin edilmiştir. Tokoferol analizinde kullanılan “Tocotrienol and Tocopherole Mixed Solution” standardı da ChromaDex firmasından alınmıştır.

Analizlerde kullanılan diğer organik çözücülerin tamamı (HPLC saflığı) ve ayıraç olarak kullanılan analitik kalitedeki tüm kimyasallar Delta Kimya (Adana, Türkiye) firması aracılığı ile temin edilmiştir

Analizler sırasında kullanılan saf ve ultra saf su Elga Purelab OptionQ sistemi (Anamed ve Analitik Grup, Türkiye) kullanılarak elde edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Mısır Özünden Ham Yağ Elde Edilmesi

Gıda endüstrisinde yağ analizlerinde kullanılan toplam yağ tayini işlemine ham yağ tayini adı verilmektedir. Toplam yağ tayini esnasında trigliseritler ile birlikte yağda çözünen, diğer lipit ve lipit benzeri bileşiklerde analiz edildiğinden dolayı bu işleme ham yağ tayini ya da lipit tayini denilmektedir (MEB, 2011).

Mısır özünden elde edilen ham yağ, nişasta bazlı şeker ve nişasta üretimi sırasında ortaya çıkan bir yan ürün olan mısır özünden (ruşeym, embriyo) üretilmektedir. Bu tez çalışmasında mısır özünden elde edilen ham yağ soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

3.2.1.1. Mısır Özünden Soğuk Presyon ile Ham Yağ Elde Edilmesi

Mısır özünden ham yağı çıkarma işlemleri soğuk pres yağ makinesi (Karaerler marka NF500 model, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Soğuk pres yağ makinesi önce 300°C'ye kadar ısıtıldıktan sonra 100°C'ye ayarlanmış ve mısır özü 40°C'de 15 Hz frekansında preslenmiştir. Presleme işlemi sırasında mısır özü yağının sıcaklığının yükselmemesi için sirkülasyonlu bir soğutma sistemi (4°C) yardımıyla 40°C ve altında olması sağlanmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Karaerler Marka NF500 Model Soğuk Pres Yağ Makinesi ve Soğutma Sistemi

Bu amaçla mısır özünden yaklaşık 350 g tartılarak soğuk presyon yağ makinesinden geçirilerek mısır özü yağı elde edilmiş ve ham yağ miktarı tartılarak soğuk presyon yöntemiyle elde edilen yüzde ham yağ miktarı (%) belirlenmiştir.

3.2.1.2. Mısır Özünden Sokslet Yöntemi İle Ham Yağ Elde Edilmesi

Mısır özünden çözgen ekstraksiyonu yöntemiyle ham yağın elde edilmesi işlemleri sokslet yöntemi esasına göre çalışan Gerhardt Soxtherm marka SE-414 model yağ ekstraksiyon cihazı

(Şekil 3.2.) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sokslet sistemi 4 ana kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlar; yoğunlaştırıcı (geri soğutucu), silifli cam balon, ısıtıcı plaka ve sokslet ekstraktörü (gövdesi) olarak adlandırılır.



Şekil 3.2. Gerhardt Soxtherm Marka SE-414 Model Yağ Ekstraksiyon Cihazı

Gerhardt Soxtherm marka SE-414 yağ ekstraksiyon cihazı ile mısır özünden yağ çıkarılması işlemlerinde, Waring marka blenderde öğütülen ve 105°C’de 2 saat süreyle kurutulan mısır özünden yaklaşık 15 g tartılmış ve sokslet kartuşu içerisine konularak ağzı cam pamuğu ile kapatılmıştır. Ardından sokslet kartuşu cihaza yerleştirilip üzerine 150 mL hekzan ilave edilmiş ve cihaz programlanarak çalıştırılmıştır. İşlem sonunda sabit tartıma getirilmiş ve darası daha önce belirlenmiş ekstraksiyon kabı yeniden tartılarak içindeki ham yağ miktarı yüzde (%) olarak aşağıdaki formül yardımıyla kurumadde esasına göre belirlenmiştir.

$$\text{Ham Yağ Miktarı}(\%, \text{g/g}) = \left[100 \times \frac{M_2 - M_1}{M_0} \right]$$

M₀ : Deney numunesinin kütlesi (g)

M₁ : Ekstraksiyon balonunun darası (g)

M₂ : Ekstraksiyondan sonra yağ ve balonun birlikte kütlesi (g)

3.2.2. Mısır Özü Yağında Yapılan Analizler

Soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen mısır özü yağları 25 ml'lik plastik santrifüj tüplerine doldurularak analiz edilinceye kadar ışık almayacak şekilde alüminyum folyoya sarılarak -18 C'de saklanmıştır. Elde edilen mısır özü yağlarında kırılma indisi, iyot sayısı, yağ asidi kompozisyonu, gliserit dağılımı, sterol içerikleri ve tokoferol, analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1. Nem Tayini

Mısır özünün (ruşeym) nem miktarları, kurutma ile örneklerdeki suyun uçurulması ve ağırlıkta meydana gelen azalmanın ölçülmesi suretiyle belirlenmiş ve yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

Bu amaçla, Ohaus MB45 model otomatik nem ölçer cihazı (Şekil 3.3.) kullanılmıştır. Otomatik nem cihazında, sıcaklığa dayanıklı alüminyum kurutma kabının içerisine blenderde öğütülmüş yaklaşık 3 g numune koyulmuştur. Cihaz 105 °C'ye ayarlanmış ve gerekli ısıtma işlemi halojen lamba yardımıyla gerçekleştirilerek mısır özü örneklerinde suyun uçurulması sağlanmış ve ağırlıklarında meydana azalma ölçülerek mısır özünün nem miktarı yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Erzinli, 2020).



Şekil 3.3. Ohaus MB45 Model Otomatik Nem Ölçer Cihazı

3.2.2.2. Ham Protein Tayini

Mısır özünde ham protein miktarının tayini Erzinli (2020) tarafından yapılan çalışma esas alınarak analiz edilmiş ve bu amaçla numunenin belirli bir miktarının H_2SO_4 (sülfürik asit) ile yakılmasıyla içerisindeki tüm azotun amonyum sülfat $[NH_4)_2SO_4]$ formuna dönüştürülmesi, çözeltinin NaOH kullanılarak bazikleştirilmesi ile açığa çıkan NH_3 'ün damıtılarak belirli standart bir asit çözeltisi içinde toplandıktan sonra bu azotun uygun bir titrasyon yöntemi ile titre edilerek miktarının belirlenmesine ilkesine dayanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Gerhardt Vapodest 45S model Keltex cihazı (Şekil 3.4.) kullanılarak Kjeldahl yöntemi esas alınarak organik kökenli azot miktarı hesaplanmış ve ham protein miktarı kurumadde esasına göre yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Erzinli, 2020).



Şekil 3.4. Gerhardt Vapodest 45S Azot/Protein Tayin Cihazı

3.2.2.3. Kırılma İndisi

Mısır özünden gerek soğuk presyon gerekse çözgen ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen mısır özü yağlarının kırılma indisi değeri masaüstü bir dijital Abbe refraktometresi (Krüss AR2008, Germany) kullanılarak gerçekleştirilmiş (Şeki 3.5.) ve $n_D 20\text{ }^{\circ}C$ olarak verilmiştir.



Şekil 3.5. Krüss AR2008 Model Abbe Refraktometresi

3.2.2.4. İyot Sayısı

Soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen mısır özü yağlarının iyot sayısı değerleri, AOCS Metod Cd 1c-85'e (AOCS, 1998) göre yağ asidi kompozisyonuna dayalı olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.5. Yağ Asidi Kompozisyonu ve Dağılımı

Mısır özü yağ örneklerinin yağ asidi metil esterleri, bölünmüş enjeksiyon (1:50) ve bir alev iyonizasyon detektörü (FID) (Agilent 7890 A, CA, ABD) ile donatılmış kapiler kolon gaz kromatografisi ile analiz edilmiştir. Yağ asidi metil esterleri soğuk trans metilasyon yöntemi ile izole edilmiştir. Ayırma, cis-trans yağ asidi metil esterlerinin (FAME) izolasyonu için 60 m uzunluğa, 0.25 mm I.D.'ye ve 0.20 µm film kalınlığına (HP-88, Agilent Inc., ABD) sahip bir kapiler kolon ile gerçekleştirilmiştir. Metil esterleri elde etmek için, 0.1 g yağ numunesi 5 mL vidalı bir test tüpü içinde tartılmış ve 0.2 mL 2 N metanolik potasyum hidroksit çözeltisi eklenmiştir. PTFE takılarak kapatılmış, sıkılıp ve 30 saniye süreyle kuvvetlice çalkalanmıştır. Berrak üst çözelti boşaltılmış ve metil ester içeren üst faz GC'ye enjekte edilmiştir (1 µL enjeksiyon hacmi). Taşıyıcı gaz olarak hidrojen kullanılarak detektör ve enjektör sıcaklıkları sırasıyla 280 ve 250°C'ye kalibre edilmiştir. Fırın sıcaklığı 15 dakika 165°C'ye ayarlanıp, ardından 200°C'ye yükseltmek için dakikada 5°C artırılıp bu sıcaklıkta 15 dakika sabitlenmiştir. Yağ asitlerinin bileşimi (%), bilinen standartların alıkonma süresiyle

karşılaştırılarak tek tek yağ asitlerinin tanımlanmasıyla belirlenmiş ve toplam yağ asitlerinin yüzdesi olarak ifade edilmiştir (Kesen, 2019)

3.2.2.6. Gliserit Bileşimi ve Dağılımı

Gıda teknolojisinde, yemeklik sıvı ve katı yağlardaki trigliseritlerin moleküler yapıları, gıdanın kimyasal ve fiziksel özellikleriyle ilişkili olduğundan büyük önem taşır. Katı veya sıvı yağların kristal yapısı, çözünürlük, viskozite ve erime noktası gibi çeşitli fiziksel özellikleri trigliseritlerinin kimyasal yapısından etkilenir (Andrikopoulos, 2002). Trigliseritlerin (TG) yapısında bir gliserol molekülü ve üç esterleşmiş yağ asidi molekülü bulunur. Gliserolle bir yağ asidinin esterleşmesinden monoaçilgliseroller oluşur. Daha fazla yağ aside esterleşmesi ile diaçilgliseroller ve sonrasında ise triaçilgliseroller (TG) meydana gelir (Çetinkalp ve ark., 2017)

Triaçilgliserol analizi COI metodu (2017) ve Essid ve ark. (2014)'nın kullandığı metot modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Üzerinde bir ters faz kolon ve refraktif indeks dedektör (RID) bulunan Agilent Infinity II 1260 HPLC cihazı kullanılmıştır. Triaçilgliseroller diğer yağ bileşenlerinden kolon kromatografisiyle ayrılmıştır. Petrol eteri içinde çözündürülmüş yağ numunesi, daha önce şartlandırılmış, silika jel absorbe edici içeren bir kromatografi kolonuna yerleştirilmiştir. Ayırma için ACE 5 C18 kolonu (250 mm x 4.6 mm x 5 µm) kullanılmıştır. Kromatografi koşulları; hareketli faz asetonitril/aseton (36.5: 63.5), kolon sıcaklığı 35°C, akış hızı 1.0 mL/dakika ve numunelerin enjeksiyon hacmi 20 µL olarak belirlenmiştir. Triaçilgliseroller, bir referans kromatogram ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır (Christopoulou, 2004; COI, 2017; Essid ve ark., 2014; IOOC, 2017).

Teorik olarak eşdeğer karbon numarası 42 olan TAG'lar (ECN₄₂^{theoretical}) yağ asidi kompozisyonu kullanılarak EC Yönetmeliği 2568/91 yöntemine göre bilgisayar programı ile belirlenmiştir (IOOC, 2017).

3.2.2.7. Sterol Bileşimi ve Dağılımı

Sterol analizi, ISO 12228 standardının “Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar-Tek tek ve toplam sterol içeriğinin tayini-Gaz kromatografik yöntemi” ve TS EN ISO 12228-1: “Münferit ve toplam sterol muhteviyatının tayini - Gaz kromatografik yöntem - Bölüm 1: Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar” isimli standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (TSE, 2014). İç standart olarak betulin ilave edilen lipidler sabunlaştırılmış ve sabunlaştırılmayan madde

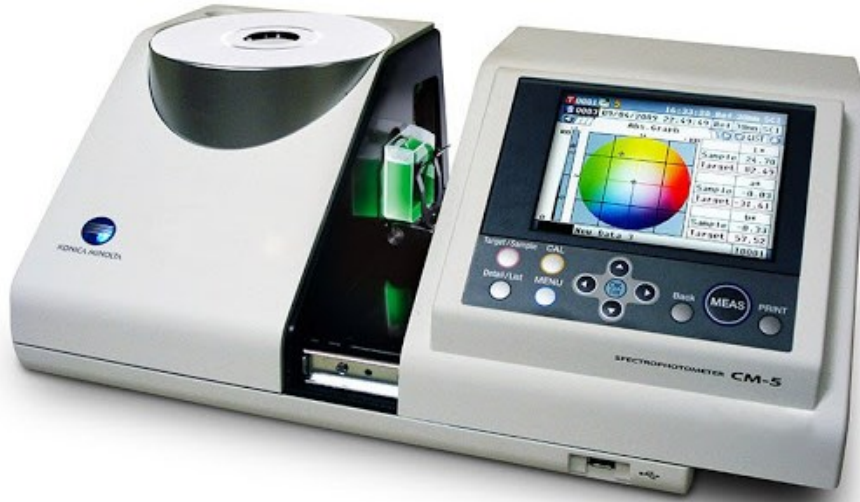
yukarıda belirtildiği gibi ekstrakte edilmiştir. Basit bir silika jel tabakası üzerinde, sterollere ve alkolün triterpenik alkol fraksiyonlarına karşılık gelen bantlar, ince tabaka kromatografisi (TLC) ile izole edilmiştir. Plakadan elde edilen steroller, bir etanol-dietil eter karışımına aktarılmış ve karışım, FID dedektörü ve bir HP-5 (30 m x 320 μ m x 0.25 μ m) kolonuna sahip olan Agilent 6850 GC kullanılarak analiz edilmiştir. Kromatografik koşullar: enjeksiyon 280°C’de 7.9 psi basınçla, HP-5 kolon ve kolon sıcaklığı 260°C, dedektör sıcaklığı 290°C, enjeksiyon hacmi 1.0 μ L ve split oranı 10:1, taşıyıcı gaz olarak da 35 mL/dakika akış hızında hidrojen gazı kullanılmıştır.

3.2.2.8. Tokoferol Bileşimi ve Dağılımı

Tokoferol analizleri Beyhan ve ark.. (2017) tarafından açıklanan yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Tokoferol analizleri [alfa (α) tokoferol, gama (γ) tokoferol ve beta (β) + delta (δ) tokoferol], 3 μ m’lik C18 ters faz kolonu (15 cm x 4.6 mm, Spherisorb ODS2, Phase Separation, Clwyd, UK) bulunan bir HPLC cihazında gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak metanol/su (97:3 v/v; 1.05 mL/dk) karışımı kullanılmıştır. Floresans dedektörü ile ilk 5 dk boyunca, 325 nm’lik bir uyarı sinyali ve 490 nm’lik bir retinol emisyonu ve ardından 295 nm’lik bir uyarım ve 330 nm’lik bir emisyon gerçekleşmiştir (Beyhan ve ark., 2017).

3.2.3.8. Renk Değerleri

Soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen mısır özü yağlarının rengi, masa üstü Minolta Spektrofotometre CM-5 (Konica Minolta, Tokyo, Japonya) model renk ölçüm cihazı yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 3.6.). Renk değerleri CIELAB sistemine göre D65 ve 10° görüş açısına uygun olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve L* (parlaklık), a* (kırmızılık), b* (sarılık), Chroma (Doygunluk, C*) ve hue (ton rengi, h) değerleri olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.6. Konica Minolta Spektrofotometre CM-5 Model Renk Ölçüm Cihazı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan mısır özünden (ruşeym, embriyo) soğuk presyon ve ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen mısır özü yağlarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanısıra (ham yağ verimi, nem, kırılma indisi, iyot sayısı ve renk) yağ asidi kompozisyonu, trgliserid bileşimi, sterol içeriği ve tokoferol bileşimleri belirlenmiş ve elde edilen bulgular bu bölümde ele alınarak ilgili tablo ve şekillerde verilmiştir.

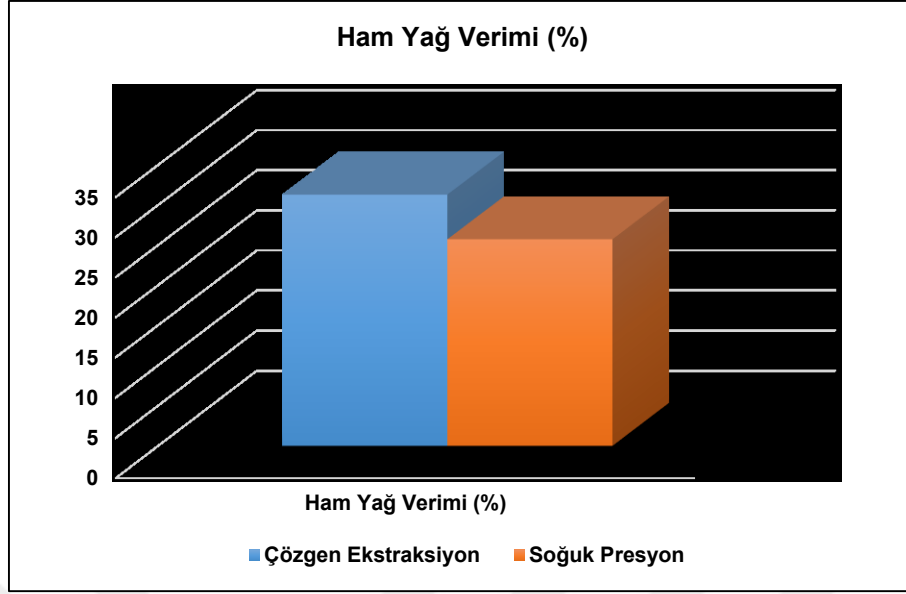
4.1. Mısır Özü ve Yağının Bazı Özellikleri

Bu kısımda denemeler sırasında kullanılan mısır özü ve mısırözü yağ örneklerinin bazı özelliklerine ilişkin ortalama değerler Tablo 4.1. ve Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Mısır Özü ve Mısır Özü Yağının Bazı Özelliklerine Ait Ortalama Değerler

Ürünler ve Özellikleri	Mısır Özü ve Yağı	
	Çözgen Ekstraksiyon	Soğuk Presyon
Mısır Özü		
Nem (%)	6.30±0.36	6.30±0.36
Ham Protein (%)	20.12±0.94	20.12±0.94
Ham Yağ Verimi (%)	31.29±0.42	25.72±1.52
Mısır Özü Yağı		
Kırılma İndisi	1.4662±0.02	1.4664±0.01
İyot Sayısı	122.61±0.85	123.58±1.26
Renk		
– L*	82.41±0.22	86.82±0.12
– a*	21.07±0.45	15.75±0.45
– b*	135.97±0.14	139.32±0.32
– Chrome (C*)	137.60±0.20	140.21±0.26
– Hue (h)	81.19±0.40	83.55±0.35

Tablo 4.1.'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi gerek soğuk presyon gerekse çözgen ekstraksiyonu ile elde edilen mısır özü yağı üretiminde kullanılan ruşeymlerin (öz, embriyo) nem içeriğinin ortalama %6.3, ham protein değerinin ise ortalama %20.12 olduğu tespit edilmiştir. Ham yağ verimi (%) açısından mısır özü yağları kıyaslandığında, sokselet yöntemi (çözgen ekstraksiyonu) yöntemi ile elde edilen yağların (%31.29) ham yağ verimlerinin soğuk presyon yöntemiyle (%25.72) elde edilenlere göre %17.80 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Ham Yağ Verimleri (%)

Her iki yöntemle (çözgen ekstraksiyon, soğuk presyon) elde edilen mısır özü yağlarının kırılma indisi değerlerinin 1.4662-1.4664 arasında değiştiği ve belirgin bir fark olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde, hesaplanmış iyot sayısı değerlerinin de benzer olduğu ve iyot sayısı değerlerinin çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemlerinde sırasıyla ortalama 122.61 ve 123.58 olduğu tespit edilmiştir. Aydeniz Güneşer ve ark. (2017) da yaptıkları bir çalışmada, soğuk pres ile elde ettikleri mısır özü yağında kırılma indisi değerini benzer şekilde 1.47, iyot sayısı değerini ise (98.30) çalışmamızda elde edilen değere (123.58) göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemiyle elde edilen mısır özü yağlarının renk değerlerine (L^* , a^* , b^* , C^* , h) ait veriler Tablo 4.1.'de verilmiştir. Çözgen ekstraksiyon ile elde edilen yağların renginin soğuk presyona göre daha açık olduğu, L^* , a^* , b^* , C^* ve h değerlerinin çözgen ekstraksiyonda sırasıyla ortalama 82.41, 21.07, 135.97, 137.60, ve 81.19 olduğu, soğuk presyon yönteminde ise sırasıyla ortalama 86.82, 15.75, 139.32, 140.21 ve 83.55 olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgulardan da görülebileceği gibi, renk değerlerinin (L^* , a^* , b^* , C^* , h) soğuk presyon yöntemiyle elde edilen mısır özü yağlarında çözgen presyon yöntemiyle elde edilenlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aydeniz Güneşer ve ark. (2017) ise, L değerini 33.79, a değerini 5.02 ve b değerini 9.91 olarak saptamışlardır

4.2. Yağ Asiti Kompozisyonu ve Dağılımı

Yağ asidi metil esteri kompozisyonu (FAME); yağın türünün ve saflığının belirlenmesinde önem taşımaktadır. Yağ asitleri düz zincir türevleri olup “doymuş (saturated fatty acids, SFA) ve doymamış (unsaturated fatty acids, UFA) yağ asitleri” olmak üzere 2 şekilde sınıflandırılmaktadır. Denemeler sırasında çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon ile elde edilen mısırözü yağı örneklerinin yağ asidi kompozisyonuna ilişkin ortalama değerler Tablo 4.2. ve Şekil 4.2.’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Yağ Asidi İçeriklerine Ait Ortalama Değerler (%)

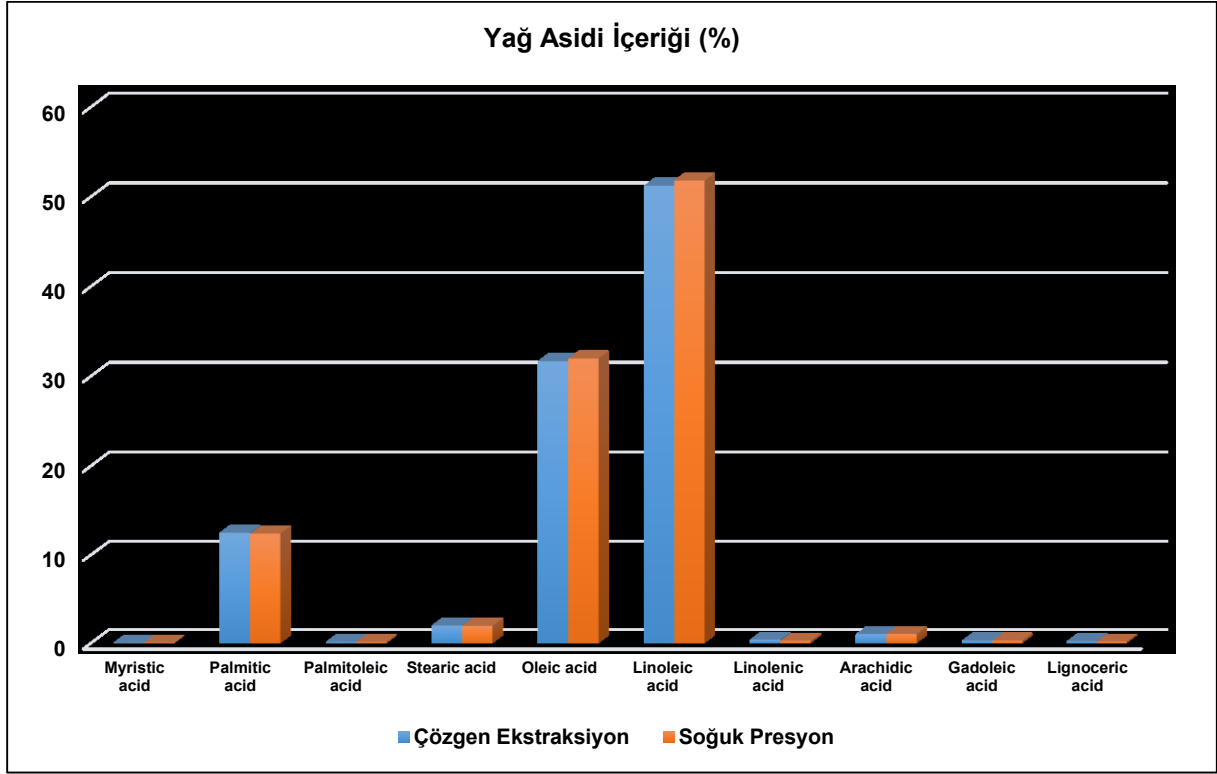
Yağ Asidi *	Yağ Asidi Formülü	Mısır Özü Yağı %Yağ Asidi Miktarı	
		Çözgen Ekstraksiyon	Soğuk Presyon
Myristic acid	C14:0	0.04	0.04
Palmitic acid	C16:0	12.52	12.43
Palmitoleic acid	C16:1	0.12	0.12
Stearic acid	C18:0	1.99	1.95
Oleic acid	C18:1	31.67	31.97
Linoleic acid	C18:2	51.22	51.80
Linolenic acid	C18:3	0.39	0.26
Arachidic acid	C20:0	1.04	1.04
Gadoleic acid	C20:1	0.29	0.29
Lignoceric acid	C24:0	0.21	0.18
Σ SFA		15.80	15.64
Σ MUFA		32.08	32.38
Σ PUFA		51.61	52.06
Σ UFA		83.69	84.44

* SFA: Saturated fatty acid (Doymuş yağ asidi), MUFA: Monounsaturated fatty acid (Tekli doymamış yağ asidi), PUFA: Polyunsaturated fatty acid (Çoklu doymamış yağ asidi) ve UFA: Unsaturated fatty acid (Toplam doymamış yağ asidi).

Tablo 4.2 ve Şekil 4.2.’nin incelenmesiyle de görülebileceği gibi; soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen mısır özü yağları yağ asidi içerikleri yönünden karşılaştırıldığında her iki yöntemle de elde edilen mısır özü yağlarının yağ asidi içeriklerinin hemen hemen aynı olduğu görülmüştür.

Çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon ile elde edilen mısır özü yağlarında başlıca yağ asitlerinin linoleik asit, oleik asit ve palmitik asit olduğu ve sırasıyla ortalama %51.22-51.80,

%31.67-31.97 ve %12.43-12.52 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Her iki yöntemle elde edilen mısır özü yağlarının yağ asidi içerikleri arasında bir fark görülmediği ve benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür (Tablo 4.2.).



Şekil 4.2. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri Dağılımı (%)

Tablo 4.2. ve Şekil 4.2.'den de görülebileceği gibi; her iki yöntemle elde edilen mısır özü yağlarının toplam doymuş yağ asitlerinin oranının (SFA) %15.64-15.80, toplam tek doymamış yağ asitlerin (MUFA) %32.08-32.38, toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) %51.61-52.06 ve toplam doymamış asidi miktarının da (UFA) %83.69-84.44 arasında değiştiği belirlenmiştir. Mısır özü yağında başlıca doymuş yağ asidinin palmitik asit (%12.43-12.52) ve doymamış yağ asidinin ise linoleik asit (%51.22-51.80) olduğu tespit edilmiştir.

Han ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada ise; benzer şekilde, çözgen ekstraksiyon yöntemi ile elde ettikleri mısır özü yağında, başlıca yağ asitlerinin linoleik, oleik ve palmitik asitten meydana geldiğini ve sırasıyla %51.92, %23.28 ve %13.01 olduğunu belirlemişlerdir.

Aydeniz Güneşer ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada; soğuk presyon ile elde ettikleri mısır özü yağında, başlıca yağ asitlerinin de çalışmamızda elde edilen değerlere benzer bir şekilde linoleik (%53.89), oleik (%29.90) ve (%11.81) palmitik asit olduğunu saptamışlardır.

4.3. Gliserit Bileşimi ve Dağılımı

Denemeler sırasında çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon ile elde edilen mısır özü yağı örneklerinin trigliserit bileşimi (TAG) ve dağılımına ilişkin ortalama değerler Tablo 4.3. ve Şekil 4.3.-4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Toplam Trigliserid (TGA) İçeriklerine Ait Ortalama Değerler (%)

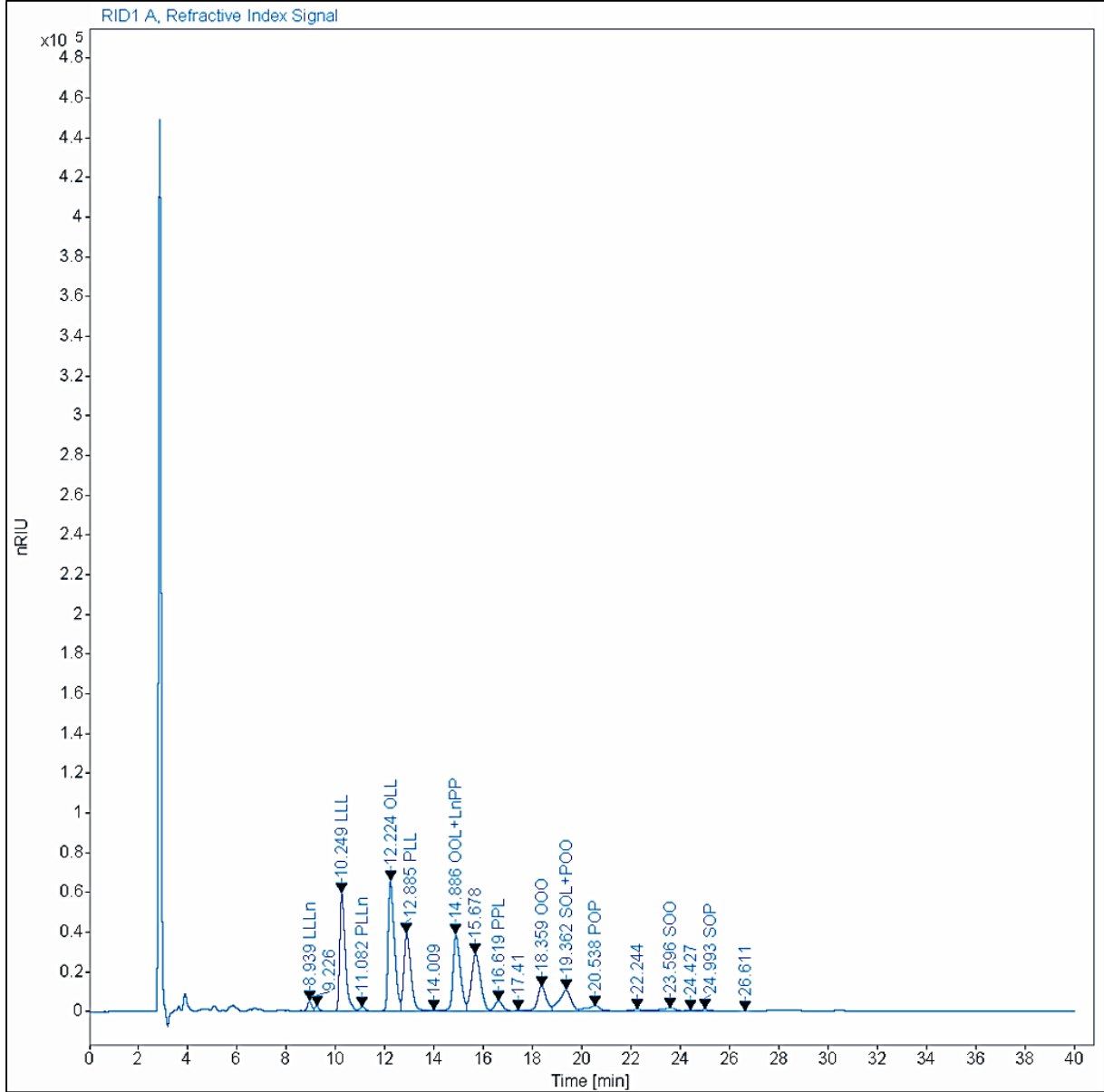
Gliserid	Mısır Özü Yağı %Toplam TAG İçeriği	
	Çözgen Ekstraksiyon	Soğuk Presyon
LLLn	1.0932	1.1526
LLL	16.4608	16.6558
PLLn	0.6483	0.6345
OLL	21.0527	21.2774
PLL	13.7621	13.8380
OOL+LnPP	14.3318	14.2585
PPL	2.0876	2.0856
OOO	5.6506	5.5271
SOL+POO	6.3905	6.3318
POP	1.9293	1.9064
SOO	1.1944	1.1750
SOP	0.4453	0.4368
ECN ₄₂ teorik	14.2863	14.3173

P: palmitic; S: stearic, O: oleic, L: linoleic, Ln: linolenic; ECN: equivalent carbon number (eşdeğer karbon sayısı) = Karbon sayısı – 2*(çiftbağ sayısı)

Gerek soğuk presyon gerekse ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen mısır özü yağlarının trigliserit içerikleri ve dağılımı incelendiğinde (Tablo 4.3.); her iki yöntemle de elde edilen mısır özü yağlarının başlıca gliserid yapılarının sırasıyla;

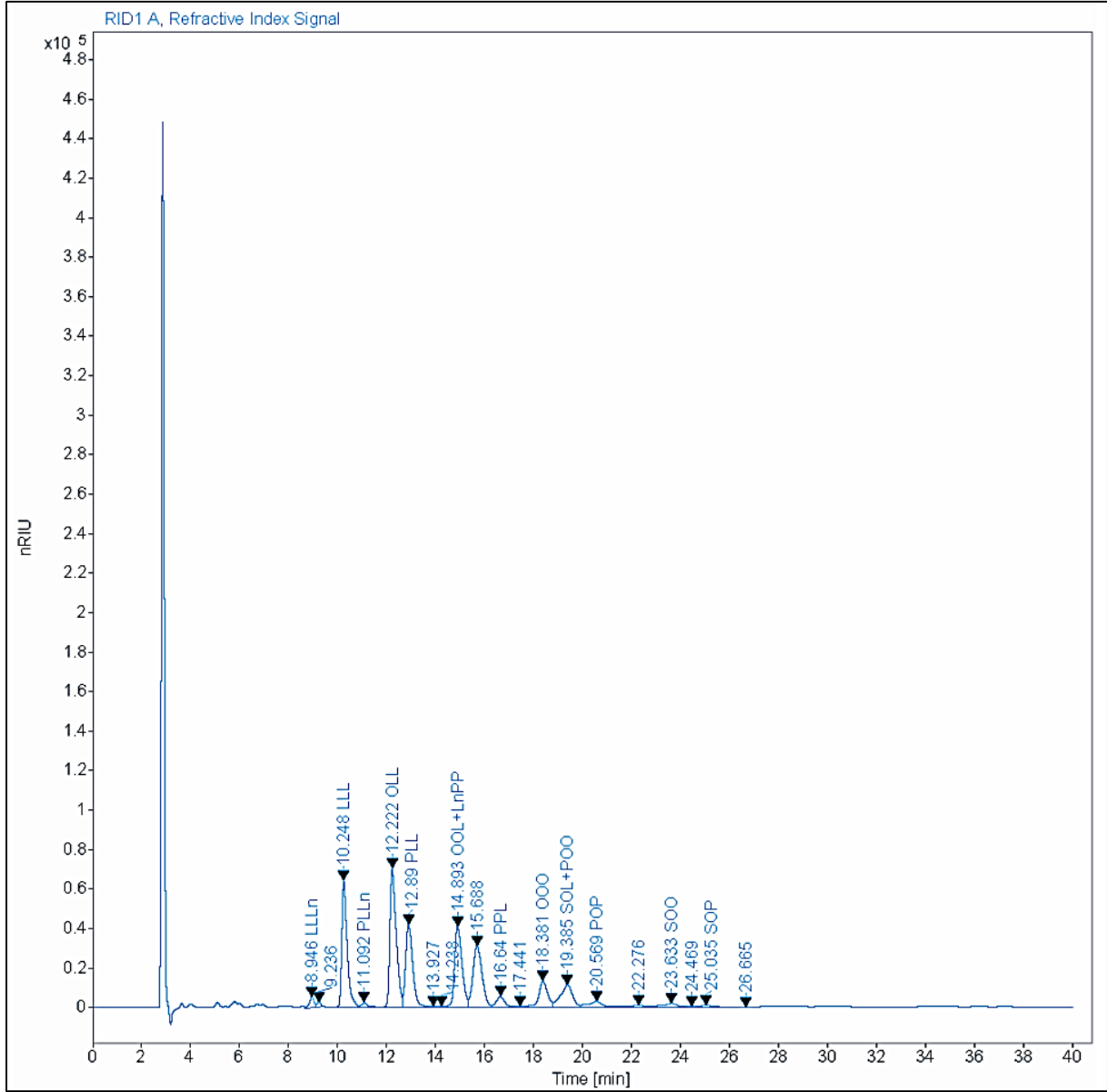
- OLL (%21.05-21.28),
- LLL (%16.46-16.66),
- OOL+LnPP (%14.26-14.33) ve

– PLL (%13.76-13.84)
olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.6.).



Şekil 4.3. Çözgen Ekstraksiyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Trigliserit İçerikleri Dağılımına İlişkin HPLC Kromatogramı (%)

Denemeler sırasında çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon ile elde edilen mısır özü yağı örneklerinin ECN_{42}^{teorik} değerlerine ilişkin ortalama değerler Tablo 4.3.'de verilmiştir. Çözgen ekstraksiyonu ve soğuk pres mısır özü yağlarının ECN_{42}^{teorik} değerlerinin sırasıyla 14.29 ve 14.32 olduğu ve aralarında fark olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.4. Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Trigliserit İçerikleri Dağılımına İlişkin HPLC Kromatogramı (%)

4.4. Sterol Bileşimi ve Dağılımı

Steroller, doğada serbest halde ya da yağ asitleri ile esterleşmiş halde (diğer mumlar) yağların sabunlaşmayan kısmında bulunurlar (Altan ve Kola, 2009). Denemeler sırasında çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon ile elde edilen mısır özü yağı örneklerinin bitkisel sterol bileşimi ve dağılımına ilişkin ortalama değerler Tablo 4.4. ve Şekil 4.5.'de verilmiştir.

Tablo 4.4 ve Şekil 4.5.'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi; soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen mısır özü yağları sterol içerikleri yönünden

karşılaştırıldığında her iki yöntemle de elde edilen mısır özü yağlarının yağ asidi içeriklerinin hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Mısır özünden soğuk presyon ve ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen mısır özü yağlarının sterol içerikleri incelendiğinde başlıca sterollerin β -sitosterol, Campesterol, Stigmasterol ve Sitostanol olduğu ve sırasıyla yaklaşık %65, %20, %6 ve %4 oranında olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.4.).

Tablo 4.4. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Sterol İçeriklerine Ait Ortalama Değerler (%)

Steroller	Mısır Özü Yağı % Sterol İçeriği	
	Çözgen Ekstraksiyon	Soğuk Presyon
Cholesterol	0.15	0.16
Brassicasterol	0.03	0.03
24-metilen cholesterol	0.88	0.92
Campesterol	19.62	19.69
Campestanol	0.05	0.07
Stigmasterol	5.88	5.82
Δ^7 -campesterol	0.12	0.15
Δ^5 -23 stigmastadianol	0.13	0.10
Clerosterol	0.82	0.78
β -sitosterol	65.09	65.13
Sitostanol	3.9	3.87
Δ^5 -avenasterol	1.41	1.34
Δ^5 -D24 stigmastadionol	0.85	0.87
Δ^7 stigmastanol	0.6	0.57
Δ^7 -avenasterol	0.47	0.49

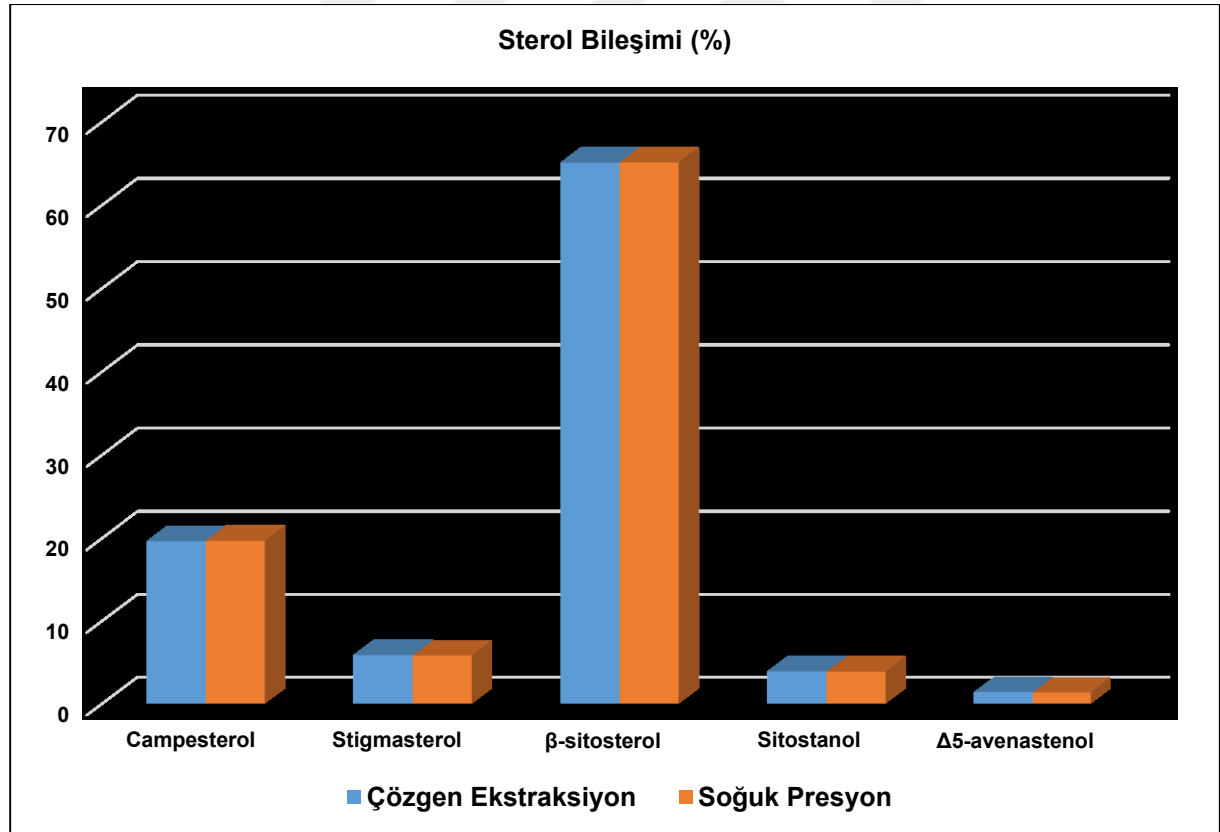
Aydeniz Güneşer ve ark. (2017) yapmış oldukları bir çalışmada ise; soğuk pres ile elde ettikleri mısır özü yağında, başlıca sterollerin β -sitosterol, stigmasterol, sitostanol ve campesterolden oluştuğunu ve bu sterollerin ortalama değerlerinin sırasıyla %60.75, %6.44, %4.20 ve %19.61 olduğunu belirlemişlerdir

4.5. Tokoferol Bileşimi ve Dağılımı

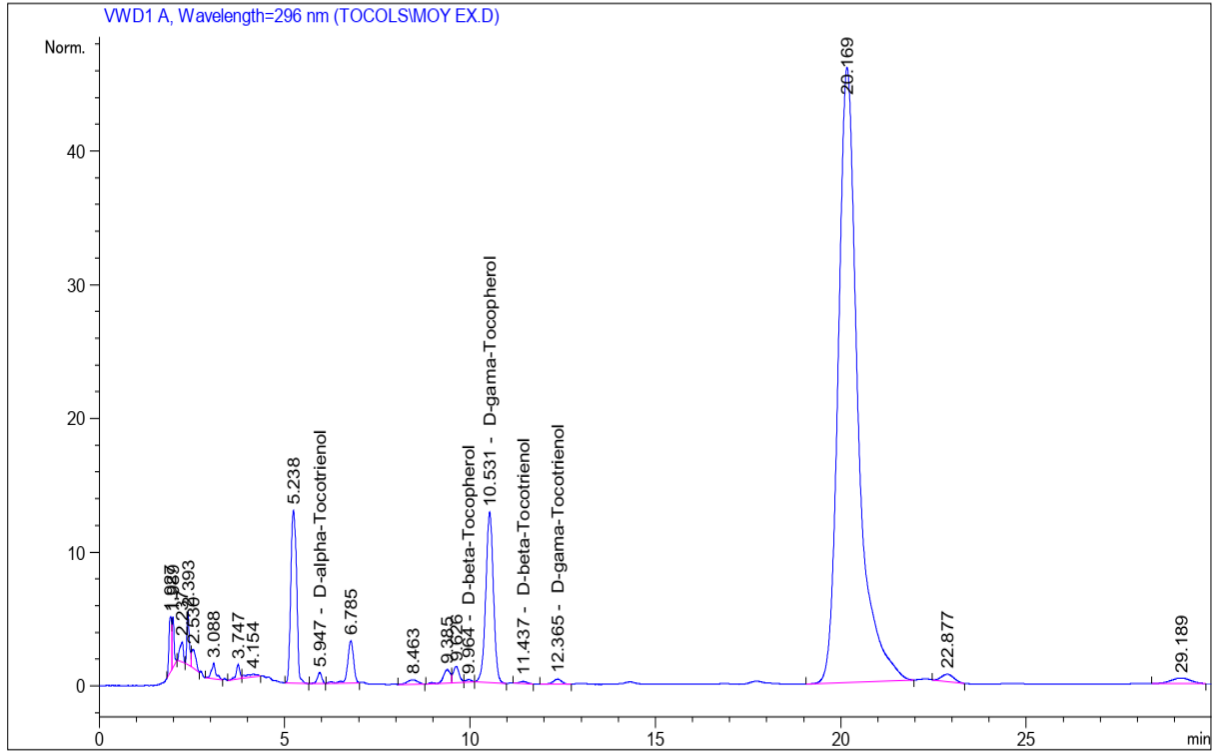
Denemeler sırasında çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon ile elde edilen mısır özü yağı örneklerinin bitkisel tokoferol bileşimi ve dağılımına ilişkin ortalama değerler Tablo 4.5. ve Şekil 4.6.-4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Tokoferol İçeriklerine Ait Ortalama Değerler (µg/g)

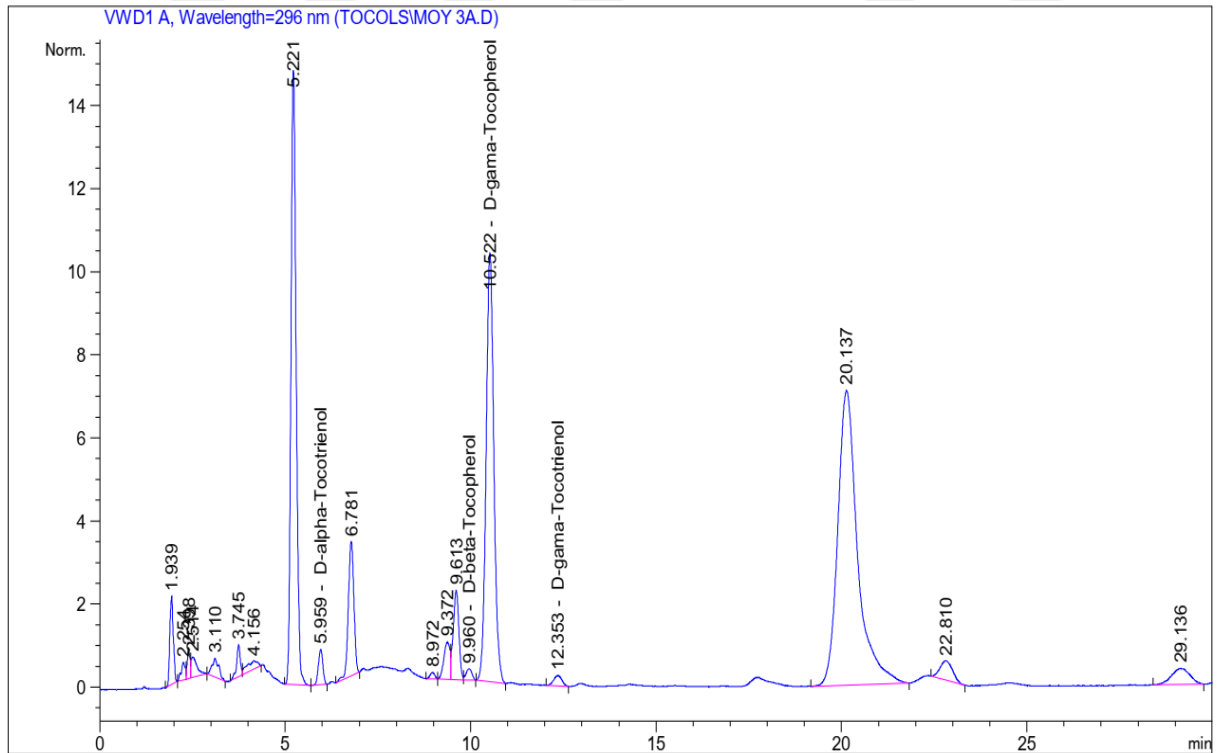
Tokoferoller	Mısır Özü Yağı Tokoferol İçeriği	
	Çözgen Ekstraksiyon	Soğuk Presyon
alpha-tokoferol	-	-
alpha-tokotrienol	2.7387	2.9017
beta- tokoferol	0.9605	1.2860
gama- tokoferol	55.5766	45.1981
beta-tokotrienol	1.0192	0
gama-tokotrienol	2.0245	1.3510
delta- tokoferol	-	-
delta-tokotrienol	-	-



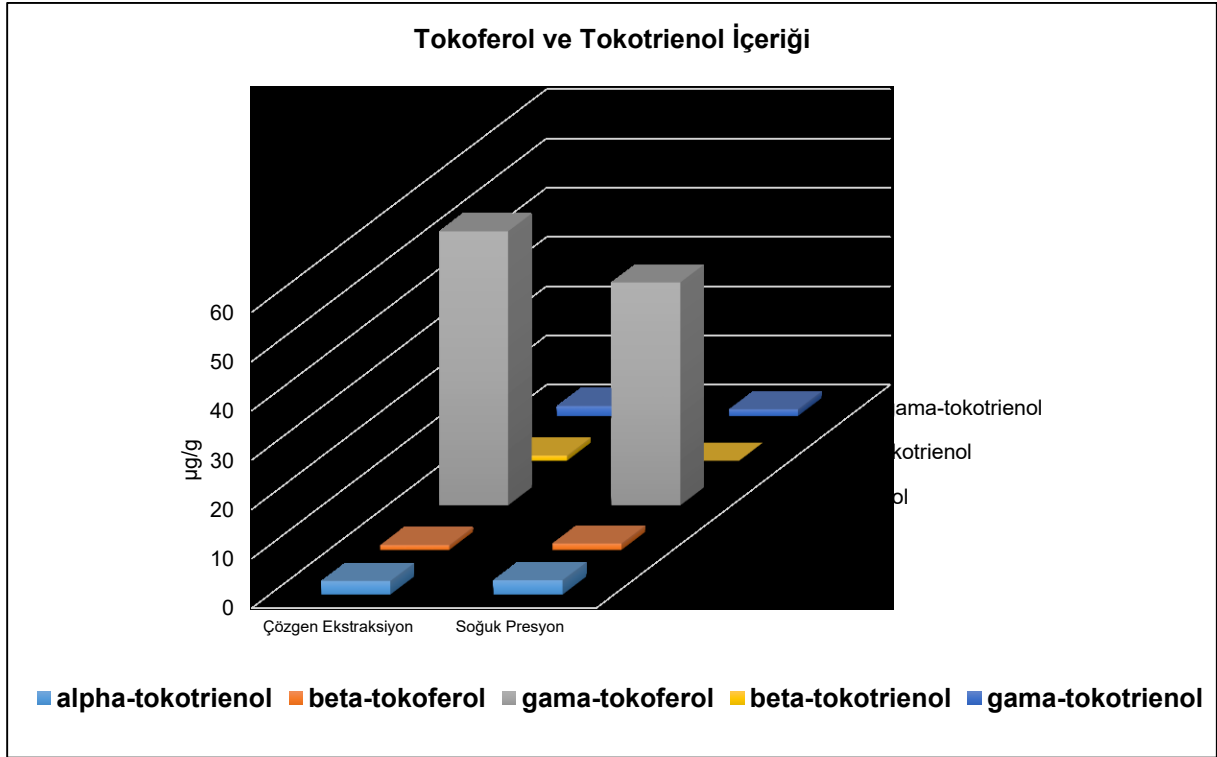
Şekil 4.5. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Başlıca Sterol İçerikleri Dağılımı (%)



Şekil 4.6. Çözgen Ekstraksiyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Tokoferol İçerikleri Dağılımına İlişkin HPLC Kromatogramı (%)



Şekil 4.7. Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Tokoferol İçerikleri Dağılımına İlişkin HPLC Kromatogramı (%)



Şekil 4.8. Çözgen Ekstraksiyon ve Soğuk Presyon İle Elde Edilen Mısır Özü Yağlarının Tokoferol ve Tokotrienol İçerikleri Dağılımı

Tablo 4.5. ve Şekil 4.6.-4.8.'den de görülebileceği gibi; mısır özünden çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemi ile çıkarılan yağların tokoferol içerikleri incelendiğinde, başlıca tokoferollerin alpha-tokotrienol, beta-tokoferol, gama- tokoferol, beta-tokotrienol ve gama-tokotrienol olduğu ve çözgen ekstraksiyonunda sırasıyla ortalama 2.7387 µg/g, 0.9605 µg/g, 55.5766 µg/g, 1.0192 µg/g ve 2.0245 µg/g arasında değiştiği, soğuk presyonla ise 2.9017 µg/g, 1.2860 µg/g, 45.1981 µg/g, 0.00 µg/g, ve 1.3510 µg/g belirlenmiştir.

Tablo 4.5.'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi, mısır özü yağlarındaki ana tokoferolün gama-tokoferol olduğu ve toplam tokoferol içeriğinin yarısından fazlasını (yaklaşık 45-56 µg/g) oluşturduğu saptanmıştır. Soğuk presyon ile elde edilen mısır özü yağlarının alfa-tokotrienol ve beta-tokoferol değerleri çözgen ekstraksiyonuyla elde edilenlere göre daha yüksekken, gama-tokoferol, beta-tokotrienol ve gama-tokotrienol içeriklerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8.). Çözgen ekstraksiyonuyla elde edilen mısır özü yağında beta-tokotrienol (1.0192 µg/g) belirlenmişken soğuk presyon yöntemiyle elde edilen mısır özü yağında beta-tokotrienol içeriği saptanamamıştır.

Rebolleda ve ark. (2012) yapmış oldukları bir çalışmada; mısır özü yağlarında farklı sıcaklıklarda tokoferol içeriklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada mısır özündeki başlıca tokoferolün gama tokoferol olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmacılar, mısır özü yağında 56-84 °C sıcaklıklarda gama tokoferol değerlerinin 945-1232 mg/g arasında değiştiğini, toplam tokoferol miktarının ise aynı sıcaklıklarda 1082-1398 mg/g arasında olduğunu tespit etmişlerdir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; mısır özünden (ruşeym) soğuk presyon ve çözgen ekstraksiyon yöntemleri ile mısır özü yağı üretilmiş ve üretilen mısır özü yağlarında ham yağ verimi yanısıra yağ asidi kompozisyonu, tridliserit bileşimi, sterol ve tokofrol içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca, ham mısır özü yağının üretiminde kullanılan yöntemlere göre (soğuk presyon, çözgen ekstraksiyon) elde edilen mısır özü yağlarının özellikleri birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular bir arada değerlendirildiğinde;

- Mısır özü yağı üretiminde kullanılan ruşeymlerin (öz, emriyo) nem içeriğinin ortalama %6.3, ham protein değerinin ise ortalama %20.12,
- Çözgen ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilen mısır özü yağlarının (%31.29) ham yağ verimlerinin soğuk presyon yöntemiyle (%25.72) elde edilenlere göre %17.80 oranında daha fazla olduğu,
- Mısır özü yağlarının kırılma indisi değerlerinin 1.4662-1.4664 arasında değiştiği,
- Her iki yöntemle elde edilen mısır özü yağlarının hesaplanmış iyot sayısı değerlerinin benzer olduğu ve iyot sayısı değerlerinin çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon yöntemlerinde sırasıyla ortalama 122.61 ve 123.58 olduğu,
- Çözgen ekstraksiyon ve soğuk presyon ile elde edilen mısır özü yağlarında başlıca yağ asitlerinin linoleik asit, oleik asit ve palmitik asit olduğu ve sırasıyla ortalama %51.22-51.80, %31.67-31.97 ve %12.43-12.52 arasında değiştiği,
- Her iki yöntemle elde edilen mısır özü yağlarının toplam doymuş yağ asitlerinin oranının (SFA) %15.64-15.80, toplam tek doymamış yağ asitlerin (MUFA) %32.08-32.38, toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) %51.61-52.06 ve toplam doymamış asidi miktarının da (UFA) %83.69-84.44 arasında değiştiği,

- Mısır özü yağlarının başlıca gliserid yapılarının sırasıyla OLL (%21.05-21.28), LLL (%16.46-16.66), OOL+LnPP (%14.26-14.33) ve PLL (%13.76-13.84) olduğu,
- Çözgen ekstraksiyonu ve soğuk pres mısır özü yağlarının ECN₄₂teorik değerlerinin sırasıyla 14.29 ve 14.32,
- soğuk presyon ve ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen mısır özü yağlarındaki başlıca sterollerin ise β -sitosterol, Campesterol, Stigmasterol ve Sitostanol olduğu ve sırasıyla yaklaşık %65, %20, %6 ve %4 olduğu,
- Başlıca tokoferollerin alpha-tokotrienol, beta-tokoferol, gama- tokoferol, beta-tokotrienol ve gama-tokotrienol olduğu ve çözgen ekstraksiyonunda sırasıyla ortalama 2.7387 $\mu\text{g/g}$, 0.9605 $\mu\text{g/g}$, 55.5766 $\mu\text{g/g}$, 1.0192 $\mu\text{g/g}$ ve 2.0245 $\mu\text{g/g}$ arasında değiştiği, soğuk presyonla ise 2.9017 $\mu\text{g/g}$, 1.2860 $\mu\text{g/g}$, 45.1981 $\mu\text{g/g}$, 0.00 $\mu\text{g/g}$, ve 1.3510 $\mu\text{g/g}$ olduğu

belirlenmiştir.

Tüm sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, mısır özü yağı üretiminde gerek çözgen ekstraksiyonunun gerekse soğuk presyon yönteminin kullanılması ile elde edilen yağların özellikleri arasında (kırılma indisi, iyot sayısı, yağ asidikompozisyonu, gliseritt bileşimi, sterol dağılımı ve tokoferol içeriği) belirgin bir farklılık görülmemiştir. En önemli farklılık elde edilen ham yağ verimlerinde olmuştur. Mısır özünün önemli miktarda protein içermesi nedeniyle özellikle soğuk presyonla elde edilen yağdan geriye kalan küspedeki proteinin gıda olarak kullanılması da mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

Altan, A., Kola, O. (2009). Yağ İşleme Teknolojisi. Bizim Büro Basımevi, ISBN:978-605-89535-0-5, 2009.

Anon, (2020). Ürün Msaları Mısır Bülteni, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tarım ve Havzaları Daire Başkanlığı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 1-4

Altinel, B. (2002). *Sanayide Kullanılan Mısır İle Kuru Öğütme ve Ürünlerinin Bazı Özellikleri*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 108 s.

Andrikopoulos, N. K. (2002). Triglyceride species compositions of common edible vegetable oils and methods used for their identification and quantification. *Food Reviews International*, 18(1), 71–102. doi:10.1081/FRI-120003418

Aydeniz Güneser, B., Yilmaz, E., & Ok, S. (2017). Cold pressed versus refined winterized corn oils: Quality, composition and aroma. *Grasas y Aceites*, 68(2). doi:10.3989/gya.1168162

Beyhan, Ö., Özcan, A., Özcan, H., Kafkas, E., Kafkas, S., Sütyemez, M., Ercisli, S. (2017). Fat, Fatty Acids and Tocopherol Content of Several Walnut Genotypes. *Research Articles*. 45(2), 437-441.

Câmara Grilo, E., Costa, P. N., Santos, C., Gurgel, S., Fernanda De Lima Beserra, A., Niéce De Souza Almeida, F., & Dimenstein, R. (2014). Alpha-tocopherol and gamma-tocopherol concentration in vegetable oils. *Food Science and Technology*, 2014(June), 1–7.

Cengiz, R. (2016). Türkiye’de Kamu Mısır Araştırmaları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(ÖZEL SAYI-1), 304–304. doi:10.21566/tarbitderg.280251

Cerletti, P., & Restani, P. (1985). Maize Germ Proteins, their Composition, Nutritive Value and Functional Properties. *Amino Acid Composition and Biological Value of Cereal Proteins*, 467–480. doi:10.1007/978-94-009-5307-9_28

COI, (2017). Method of Analysis Determination of The Difference Between Actual And Theoretical Content of Triacylglycerols With ECN 42. International Olive Council, COI/T.20/Doc. No 20 /Rev. 4. Principe de Vergara, 154 – 28002 Madrid–Spain (2017).

Christopoulou, E. Lazaraki, M. Komaitis, M. Kaselimis, K. (2004) Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils. *Food Chemistry* 84, 463–474 (2004).

Çetinkalp, Ş., Koylan, N., Özer, N., Onat, A., Gökhan Özgen, A., Lale Koldaş, Z., ... Şimşir, I. Y. (2017). Triglicerit nedir? Normal fizyolojideki yeri nedir? *Türk Kardiyoloji Dernegi Arsivi*, 45(May), 1–63. doi:10.5543/tkda.2017.77459

Elawad, H. E. (2019). *Growth and Production of Maize (Zea mays L.) as Affected by Water Treatment, Organic and Inorganic Fertilizers. Journal of Chemical Information and Modeling*. University of Khartoum.

Erdal, S. (2019). Türkiye'de Özel Mısır Tiplerinin Kullanımı ve Geleceği. *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2(1): 75-90.

Erzinli, H. (2020). Farklı Bölgelerde Yetişen Çam Fıstıklarının ve Yağlarının Özellikleri. Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1-80 syf., ADANA

Esmat, A. Y., Hassan, R. E., Abo-ElWafa, G. A., Abou-ElSoud, M. M., & Megahed, M. G. (2018). Physicochemical characteristics and oxidative stability of Egyptian corn germ oil produced by aqueous enzymatic extraction. *Grasas y Aceites*, 69(4), 1–13. doi:10.3989/gya.0112181

Essid, N., Hela, T., Badreddine, H., Amel, H., Amel, S. (2014). Impacts of mineral oil and synthetic lubricant on the trophic diversity of marine nematode community: Results from Microcosm Experiments. *NISCAIR-CSIR*. 1708-1717. India.

Feng, F., Myers, D. J., Hojilla-Evangelista, M. P., Miller, K. A., Johnson, L. A., & Singh, S. K.

(2002). Quality of corn oil obtained by sequential extraction processing. *Cereal Chemistry*, 79(5), 707–709. doi:10.1094/CCHEM.2002.79.5.707

García-Lara, S., Chuck-Hernandez, C., & Serna-Saldivar, S. O. (2019). Development and Structure of the Corn Kernel. *Corn: Chemistry and Technology*, 3rd Edition, 147–163. doi:10.1016/B978-0-12-811971-6.00006-1

Gaytán-Martínez, M., Figueroa-Cárdenas, J. D., Reyes-Vega, M. L., Rincón-Sánchez, F., & Morales-Sánchez, E. (2006). Microstructure of Starch Granule Related To Kernel Hardness in Corn Microestructura Del Gránulo De Almidón Relacionada Con La Dureza Del Grano De Maíz. *Nota Científica Rev. Fitotec. Mex*, 29, 135–139.

Haarhoff, S. J., & Swanepoel, P. A. (2018). Plant population and maize grain yield: A global systematic review of rainfed trials. *Crop Science*, 58(5), 1819–1829. doi:10.2135/cropsci2018.01.0003

Haegerle, J. W. (2008). Maize (*Zea mays* L.) kernel development, suitability for dry-grind ethanol production, and susceptibility to aflatoxin accumulation in relation to late-season water stress. *ProQuest Dissertations and Theses*, 120.

Han, C., Liu, Q., Jing, Y., Wang, D., Zhao, Y., Zhang, H., & Jiang, L. (2018). Ultrasound-assisted aqueous enzymatic extraction of corn germ oil: Analysis of quality and antioxidant activity. *Journal of Oleo Science*, 67(6), 745–754. doi:10.5650/jos.ess17241

Hopkins, C. G., Smith, L. H., & East, E. M. (1903). *The Structure Of The Corn Kernel And The Composition Of Its Different Parts*. UNIVERSITY OF ILLINOIS. Retrieved from <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>

IOOC, (2017). Determination of the difference between actual and theoretical content of triacylglycerols with ECN 42. International Olive Oil Council COI/T.20/D, 1–22 (2017).

İnce, H. Ö., Bahadıroğlu, C., Toroğlu, S., & Bozdoğan, H. (2013). Genetiği Değiştirilmiş Mısır Bitkisinin Zararlı Lepidopterlere Karşı Direnci Üzerine Değerlendirmeler. *Nevşehir*

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1), 78–89. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/nufbed/issue/27851/294726>

Jacson, D. S., & Donald L. Shandera, J. (1997). Corn Wet Milling: Separation Chemistry And Technology, 38(December), 1487–1488.

Jovanovic, P., Dokic, L., & Maric, B. (2005). Fatty acid composition of maize germ oil from high-oil hybrids wet-milling processing. *Acta Periodica Technologica*, 266(36), 43–50. doi:10.2298/apt0536043j

Kesen, S. (2019). Using chromatographic methods in detection of olive oil adulteration. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 335–344.

Kowles, R. V., Phillips, R. L., & Kowles, R. V. (1988). Endosperm Development in Maize. *International Review of Cytology*, 112(C), 97–136. doi:10.1016/S0074-7696(08)62007-0

Kumar, D., & Narayan Jhariya, A. (2013). Nutritional, Medicinal and Economical importance of Corn: A Mini Review. *Research Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2(7), 7–8. Retrieved from www.isca.in

Lakshmi, R., Kumari, K., & Reddy, P. (2017). Corn Germ Meal (CGM) - Potential Feed Ingredient for Livestock and Poultry in India- A Review. *International Journal of Livestock Research*, (September), 1. doi:10.5455/ijlr.20170527064515

Macke, J. A., Bohn, M. O., Rausch, K. D., & Mumm, R. H. (2016). Genetic factors underlying dry-milling efficiency and flaking-grit yield examined in US maize germplasm. *Crop Science*, 56(5), 2516–2526. doi:10.2135/cropsci2016.01.0024

Magnard, J. L., Heckel, T., Massonneau, A., Wisniewski, J. P., Cordelier, S., Lassagne, H., ... Rogowsky, P. M. (2004). Morphogenesis of Maize Embryos Requires ZmPRPL35-1 Encoding a Plastid Ribosomal Protein. *Plant Physiology*, 134(2), 649–663. doi:10.1104/pp.103.030767

Marinho, C. M., Lemos, C. O. T., Arvelos, S., de Souza Barrozo, M. A., Hori, C. E., &

Watanabe, É. O. (2019). Extraction of corn germ oil with supercritical CO₂ and cosolvents. *Journal of Food Science and Technology*, 56(10), 4448–4456. doi:10.1007/s13197-019-03923-2

MEB (2011). T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Gıda Teknolojisi, (2011). Gıdalarda yağ tayini 541gı0069, Ankara.

Nasir, M., Butt, M. S., Anjum, F. M., Jamil, A., & Ahmad, I. (2009). Physical and sensory properties of maize germ oil fortified cakes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(3), 311–315.

Navarro, S. L. B., Capellini, M. C., Aracava, K. K., & Rodrigues, C. E. C. (2016). Corn germ-bran oils extracted with alcoholic solvents: Extraction yield, oil composition and evaluation of protein solubility of defatted meal. *Food and Bioproducts Processing*, 100, 185–194. doi:10.1016/j.fbp.2016.06.009

Ni, S., Zhao, W., Zhang, Y., Gasmalla, M. A. A., & Yang, R. (2016). Efficient and eco-friendly extraction of corn germ oil using aqueous ethanol solution assisted by steam explosion. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 2108–2116. doi:10.1007/s13197-016-2189-9

Owoyele, B. V., Negedu, M. N., Olaniran, S. O., Onasanwo, S. A., Oguntoye, S. O., Sanya, J. O., ... Soladoye, A. o. (2010). Analgesic and Anti-Inflammatory Effects of Aqueous Extract of Zea mays Husk in Male Wistar Rats. *Journal Of Medicinal Food*, 13(2), 343–347.

Rajendran, A., Chaudhary, D., & Mahajan, V. (2017). Corn oil research and improvement: A review. *J. Crop and Weed*, 13(2), 247–252.

Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105–112. doi:10.1111/nyas.12396

Rausch, K. D., & Eckhoff, S. R. (2015). *Maize: Wet Milling. Encyclopedia of Food Grains: Second Edition* (2nd ed., Vol. 3–4). Elsevier Ltd. doi:10.1016/B978-0-12-394437-5.00239-4

Rebolleda, S., Rubio, N., Beltrán, S., Sanz, M. T., & González-Sanjosé, M. L. (2012). Supercritical fluid extraction of corn germ oil: Study of the influence of process parameters on the extraction yield and oil quality. *Journal of Supercritical Fluids*, 72, 270–277. doi:10.1016/j.supflu.2012.10.001

Rónyai, E., Simándi, B., Tömösközi, S., Deák, A., Vigh, L., & Weinbrenner, Z. (1998). Supercritical fluid extraction of corn germ with carbon dioxide-ethyl alcohol mixture. *Journal of Supercritical Fluids*, 14(1), 75–81. doi:10.1016/S0896-8446(98)00096-5

Rouf Shah, T., Prasad, K., & Kumar, P. (2016). Maize-A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1–9. doi:10.1080/23311932.2016.1166995

Salih, Ş. (2001). Türkiyede Mısır Ekim Alanlarının Dağılışı ve Mısır Üretimi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 73–90.

SGB, (2020) ,Tarımsal Ürünleri Piyasaları- MI, SGB Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı , 1-4

Shende, D., & Sidhu, G. K. (2014). Methods Used for Extraction of Maize (Zea Mays, L .) Germ Oil-a. *Review Literature And Arts Of The Americas*, 2(4), 48–54.

Shrestha, J., Timsina, K. P., Subedi, S., Pokhrel, D., & Chaudhary, A. (2019). Sustainable Weed Management in Maize (Zea mays L.) Production: A Review in Perspective of Southern Asia. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 22(1), 133–143.

Stamenković, O. S., Kostić, M. D., Tasić, M. B., Djalović, I. G., Mitrović, P. M., Biberdžić, M. O., & Veljković, V. B. (2020). Kinetic, thermodynamic and optimization study of the corn germ oil extraction process. *Food and Bioproducts Processing*, 120, 91–103. doi:10.1016/j.fbp.2019.12.013

TSE (2014). TS EN ISO 12228-1 Münferit ve toplam sterol muhteiyatının tayini - Gaz kromatografik yöntem - Bölüm 1: Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar. Türk Standardları

Enstitüsü, Necatibey Cad. No:112 06100 Bakanlıklar/Ankara.

Winkler-Moser, J. K., & Breyer, L. (2011). Composition and oxidative stability of crude oil extracts of corn germ and distillers grains. *Industrial Crops and Products*, 33(3), 572–578. doi:10.1016/j.indcrop.2010.12.013

Zheng, L., Ji, C., Jin, J., Xie, D., Liu, R., Wang, X., ... Huang, J. (2018). Effect of Moisture and Heat Treatment of Corn Germ on Oil Quality. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(3), 383–390. doi:10.1002/aocs.12032

