



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONJÜGE LİNOLEİK ASİT ÜRETİMİNDE MİKRODALGA IŞINIM VE
ULTRASES DALGALARININ KULLANIMI

FATMA SALUR

Temmuz 2019

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KONJÜGE LİNOLEİK ASİT ÜRETİMİNDE MİKRODALGA IŞINIM VE
ULTRASES DALGALARININ KULLANIMI

FATMA SALUR

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Hakan ERİNÇ

Temmuz 2019

Fatma SALUR tarafından Doç. Dr. Hakan ERİNÇ danışmanlığında hazırlanan "KONJÜGE LİNOLEİK ASİT ÜRETİMİNDE MİKRODALGA İŞİNİM VE ULTRASES DALGALARININ KULLANIMI" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Hasan Hüseyin KARA
Necmettin Erbakan Üniversitesi

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÖZBEY
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

İmza

Üye : Doç. Dr. Üyesi Hakan ERİNÇ
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

İmza

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../20... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../20... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

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

Fatma SALUR



ÖZET

KONJÜGE LİNOLEİK ASİT ÜRETİMİNDE MİKRODALGA IŞINIM VE ULTRASES DALGALARININ KULLANIMI

SALUR, Fatma

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Hakan ERİNÇ

Temmuz 2019, 38 sayfa

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde, linoleik asidin saflaştırılması amacıyla düşük sıcaklık kristalizasyon yönteminde farklı çözücülerin ve sıcaklıkların etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla aspir yağı sabunlaştırıldıktan sonra asitlendirilerek serbest yağ asitleri elde edilmiş, farklı çözücüler ve farklı sıcaklık değerleri kullanılarak linoleik asidin saflaştırılması gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, -70°C 'de kristalleşmeyen fazın çözücü olarak aseton kullanımıyla $\%98,17 \pm 1,91$ ve hekzan kullanımıyla $\%92,61 \pm 1,63$ saflıkta linoleik asit içerdiği belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, konjüge linoleik asit üretiminde mikrodalga ve ultrason destekli alkali izomerizasyon teknikleri uygulanmıştır. En iyi koşullar, mikrodalga destekli 700 W'lık mikrodalga gücü ve 6 saat reaksiyon süresi, ultrason destekli için $\%100$ 'lük ultrason genliği ve 6 saatlik reaksiyon süresidir. Belirlenen koşullarda, mikrodalga destekli ($\%97,21$), ultrason destekli ($\%76,98$) kıyasla daha yüksek izomerizasyon derecesine neden olurken, ultrason destekli istenmeyen konjüge linoleik asit izomerlerinin içeriği ($\%0,62$) mikrodalga destekli ($\%1,87$) daha düşük olarak belirlendi. İstenen konjüge linoleik asit izomerlerinin içeriği, mikrodalga-destekli için $\%47,09$ *cis-9*, *trans-11* ve $\% 48,25$ *trans-10*, *cis-12* ve ultrason destekli için $\% 36,34$ *cis-9*, *trans-11* ve $\% 40,02$ *trans-10*, *cis-12* olarak belirlendi.

Anahtar Sözcükler: Konjüge linoleik asit, üretim, alkali izomerizasyon, mikrodalga ışınım, ultrases

SUMMARY

USING OF MICROWAVE RADIATION AND ULTRA-SONICATION IN PRODUCTION OF CONJUGATED LINOLEIC ACID

SALUR, Fatma

Niğde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hakan ERİNÇ

July 2019, 38 pages

In the first part of this thesis, the efficiency of different solvents and temperatures was investigated in the low temperature crystallization method in order to purify linoleic acid. For this purpose, the safflower oil was saponified and then acidified to produce free fatty acids (FFA) solution. Purification of linoleic acids from FFA solution has been carried out by low temperature crystallization method. As a result of this study, it was determined that liquid phase contained $97,1 \pm 1,91\%$ linoleic acid with acetone and $92,61 \pm 1,63\%$ with hexane at -70°C . In the second part of this study, microwave- and ultrasound-assisted alkali isomerization techniques have been applied for production of conjugated linoleic acid. The best conditions were microwave power of 700 W and reaction time of 6 h for microwave-assisted and ultrasound amplitude of 100% and reaction time of 6 h for ultrasound assisted. In determined conditions, microwave-assisted (97,21%) resulted in higher isomerization degree compared to ultrasound-assisted (76,98%) while the content of undesirable conjugated linoleic acid isomers in ultrasound-assisted (0,62%) was lower than microwave-assisted (1,87%). The content of desirable conjugated linoleic acid isomers was 47,09% cis-9, trans-11 and 48.25% trans-10, cis-12 for microwave-assisted and 36,34% cis-9, trans-11 and 40,02% trans-10, cis-12 for ultrasound-assisted.

Keywords: Conjugated linoleic acid, production, alkali isomerization, microwave radiation, ultrasound

ÖN SÖZ

Çalışmamın, tez konusunun belirlenmesinden sonuçlanmasına kadar her aşamasında desteğiyle bana yardımcı olan, bilimsel gelişimime tecrübe ve önerileriyle katkıda bulunan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ERİNÇ'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezimin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen değerli kardeşim Ayşe SALUR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte manevi desteklerini esirgemeyen ve bu günlere gelmemde her zaman ve her konuda beni destekleyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışma, 6TB 2018/05-BAGEP numaralı "Mikrodalga Işınım ve Ultrases Dalgaları ile Konjüge Linoleik Asit Üretiminin Optimizasyonu ve Margarin Formülasyonunda Kullanımı" isimli BAP projesinden üretilmiş olup, projeye destek sağlayan Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖZET | iv |
| SUMMARY | v |
| ÖN SÖZ | vi |
| İÇİNDEKİLER | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | x |
| SİMGE VE KISALTMALAR | xi |
| BÖLÜM I GİRİŞ | 1 |
| BÖLÜM II GENEL BİLGİLER | 2 |
| 2.1 Aspir Tohumu ve Aspir Yağının Önemi | 2 |
| 2.2 Konjuge Linoleik Asit | 3 |
| 2.3 Konjuge Linoleik Asit Kaynakları | 4 |
| 2.4 Konjuge Linoleik Asit Oluşumu | 6 |
| 2.5 Konjuge Linoleik Asidin Günlük Alım Dozu | 7 |
| 2.6 Gıdaların KLA İçeriğini Etkileyen Faktörler | 8 |
| 2.7 KLA'nın Sağlık Üzerine Etkileri | 9 |
| 2.7.1 Antikansorejen etkisi | 9 |
| 2.7.2 Bağışıklık sistemine etkisi | 9 |
| 2.7.3 Kalp ve damar hastalıkları üzerindeki etkisi | 9 |
| 2.7.4 Anti-obezite ve antidiyabetik etki | 10 |
| BÖLÜM III MATERYAL VE METOT | 11 |
| 3.1 Aspir Yağının Hidrolizi | 11 |
| 3.2 Düşük Sıcaklık Kristalizasyon Yöntemi ile Linoleik Asidin Saflaştırılması | 11 |
| 3.3 Konjuge Linoleik Asit Üretimi | 11 |
| 3.4 Yağ Asitlerinin Transesterifikasyonu ile Metil Esteri Eldesi | 12 |
| 3.5 HPLC ile Yağ Asitlerinin Miktar ve İzomer Analizi | 12 |
| 3.6 Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler | 13 |
| BÖLÜM IV BULGULAR VE TARTIŞMA | 14 |
| 4.1 Aspir Yağının ve Saflaştırılmış LA'nın Yağ Asitleri Analizi | 14 |
| 4.2 Klasik Yolla KLA Üretimi | 18 |

| | |
|--|----|
| 4.3 Mikrodalga Gücünün ve Reaksiyon Süresinin KLA Oluşumuna Etkisi | 19 |
| 4.4 Ultrason Genliğinin ve Reaksiyon Süresinin KLA Oluşumuna Etkisi..... | 21 |
| 4.5 Yöntemlerin Karşılaştırılması..... | 23 |
| BÖLÜM V SONUÇLAR..... | 25 |
| KAYNAKLAR | 26 |
| ÖZ GEÇMİŞ | 37 |
| TEZ ÇALIŞMASINDAN ÜRETİLEN ESERLER | 38 |



ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Çizelge 2.1. Farklı hayvansal ürünlerdeki KLA miktarı (mg/g yağ) | 5 |
| Çizelge 2.2. Bazı bitkisel yağların içerdiği KLA değerleri | 6 |
| Çizelge 4.1. Eksi 40°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon sonuçları | 15 |
| Çizelge 4.2. Eksi 55°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon sonuçları | 16 |
| Çizelge 4.3. Eksi 70°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon sonuçları | 17 |
| Çizelge 4.4. Klasik yolla KLA’nın alkali izomerizasyonu | 18 |
| Çizelge 4.6. Mikrodalga destekli alkali izomerizasyonunda gözlemlenen ve öngörülen değerler | 20 |
| Çizelge 4.5. Ultrason destekli alkali izomerizasyonunda gözlenen ve tahmin edilen değerler | 22 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1. LA ve KLA'nın izomerleri | 4 |
| Şekil 2.2. 18 karbonlu doymamış yağ asitlerinin rumende biyohidrojenasyonu..... | 7 |
| Şekil 4.2. Mikrodalga destekli alkali izomerizasyonu..... | 20 |
| Şekil 4.1. KLA oluşumuna ultrason destekli alkali izomerizasyonun etkileri..... | 22 |



SİMGE VE KISALTMALAR

| Simgeler | Açıklama |
|-----------------|-----------------|
| μL | Mikrolitre |
| mL | Mililitre |
| L | Litre |
| mg | Miligram |
| g | Gram |
| nm | Nanometre |
| μm | Mikrometre |
| mm | Milimetre |
| m | Metre |
| M | Molar |
| N | Normal |
| $^{\circ}$ | Celsius derece |
| pH | Asitlik faktörü |
| % | Yüzde |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| HCl | Hidroklorik Asit |
| H ₂ SO ₄ | Sülfürik Asit |
| HPLC | Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi |
| KLA | Konjuge Linoleik Asit |
| KOH | Potasyum Hidroksit |
| LA | Linoleik Asit |
| NaCl | Sodyum Klorür |

BÖLÜM I

GİRİŞ

İnsanların sağlıklı bir şekilde yaşamlarını devam ettirebilmesi, fiziksel ve zihinsel fonksiyonlarının sürekliliği için yeterli ve dengeli beslenmesi şarttır. Bu da insanları sağlık üzerine olumlu etkileri olan ve fonksiyonel bileşenler içeren gıdalara yöneltmiştir (Demirok ve Kolsarıcı, 2010).

Son yıllarda bazı besinlerin hastalıkların önlenmesi ve tedavisindeki rolü bilimsel olarak ortaya konulmuş ve sağlığımızın korunmasında beslenme desteğinin önemini artırmış böylece fonksiyonel besinler ve doğal ürünler daha fazla tüketilmeye başlanmıştır. Fonksiyonel besinler, besleyici özelliklerinin yanında vücudumuza sağladığı fizyolojik faydaları ve kronik hastalık riskini azaltabilmesi açısından önemli besinlerdir (Çelebi ve Kaya, 2008).

Bu fonksiyonel bileşiklerden birisi de konjuge linoleik asittir (KLA).Yapılan araştırmalar, KLA'nın insan sağlığı üzerine pek çok olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Serum kolesterol düzeyinin azalması, vücut yağ kitlesindeki azalma, insüline duyarlılığın ve bağışıklık fonksiyonlarının düzelmesi, lipid oksidasyonunun azaltılması ve büyümenin uyarılması gibi pek çok biyolojik etkileri olduğu belirlenmiştir (Fritsche ve Steinhart, 1998).

KLA, gıdalarda istenilen düzeyden düşük miktarda olduğu için bu miktarının artırılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla otlatma, rasyona sentetik KLA ilavesi, rasyona linoleik ve linolenik yağ asiti bakımından zengin bitkisel yağların ya da tohumların ilavesi, rasyona balık yağı ilavesi en çok kullanılan yöntemlerdir (Khanal ve Olson, 2004; Schmid vd., 2006).

Bu tezin amacı, saflaştırılmış linoleik asitten (LA) mikrodalga fırın ve ultrasonik banyo kullanımı ile kimyasal yolla konjüge linoleik asit üretiminin optimizasyonudur.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

2.1 Aspir Tohumu ve Aspir Yağının Önemi

Lipitler, proteinler ve karbonhidratlar gibi gıdaların temel bileşenleridir. İnsan beslenmesinde bitkisel ve hayvansal kaynaklardan sağlanan yağlar önemli bir yere sahiptir. Bitkisel yağlar; insan vücudunda sentezlenemeyen ve sadece yağlardan alınabilen oleik, linoleik ve linolenik yağ asitlerini içerir ve önemli enerji kaynağıdır (Atakışi, 1999).

Aspir, ayçiçeği ile aynı familyada (*Compositae*) olan dikenli ve dikensiz çeşitleri bulunan sarı, turuncu, kırmızı veya krem çiçek rengine sahip tek yıllık yağlı tohumlu bir bitkidir. Tohumlarında % 30-35 oranında yağ bulundurmaktadır. 2.5-3.0 m derinlere gidebilen kazık kökleri sayesinde kuraklığa dayanıklı, adaptasyon yeteneği yüksek bir bitkidir. Yüksek oranda linolenik ve oleik asit içerdiğinden, besin değeri açısından zeytinyağına benzerdir. Aspir bitkisinin yağı yemeklik ve endüstriyel yağ sanayinde, renkli çiçekleri gıda ve kumaş boyası olarak, küspesi ise hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Boya ve vernik sanayinde de kaliteyi artırmak amacıyla tercih edilmektedir. Yağı alındıktan sonra geriye kalan küspe kısmı ise yem sanayinde değerlendirilmektedir. Ayrıca yalancı safran olarak da bilinmektedir (Bayramin ve Kaya, 2012; Mundel vd., 1992).

Aspir, tohumları için kültüre alınan en eski bitkilerden biridir (Dajue, 1993; Jiazheng, 1993; Rao ve Ming-De, 1993; Fernandez-Martinez, 1997). Aspir tohumu % 35-50 yağ, % 15-20 protein ve % 35-45 kabuk kısmından oluşmaktadır (Rahamatalla vd., 2001).

Aspir tohumlarından elde edilen yağ, yemeklik olarak kullanılmaktadır ve yenilebilir yağ kalitesi oldukça yüksektir. Aspir yağı, % 6-8 palmitik asit, % 2-3 stearik asit, % 16-20 oleik asit ve % 71-75 linoleik asit içermektedir (Nagaraj vd., 2001). İnsan sağlığı açısından önemli olan toplam doymamış yağ asitleri oranı çok yüksektir ve bu oran % 90-93 civarındadır (Ayçiçeğinde bu oran % 86'dır) (Babaoğlu, 2006).

Aspir bitkisinin tohumlarında yüksek kalitedeki doymamış yağ asitlerinin (%78 linoleik asit) bulunması kalp ve damar hastalıklarını önlemede, kandaki kolesterol seviyesini düşürmede ve E vitamini içermesi bakımından insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir (Lizhong, 1993; Armah-Agyeman vd., 2002; Hotta vd., 2002).

Aspir bitkisi ağrı kesici ve ateş düşürücü, yüksek tansiyonu düşürme, zehirlenmelerde panzehir, kabızlığı önleme ve romatizmaya karşı merhem olarak birçok sağlık alanında kullanılmıştır (Kneusel vd., 1994; Lin vd., 1992; Kono vd., 2002; Bocheva vd., 2003; Zhang ve Cheng, 2006; Babaoğlu, 2008).

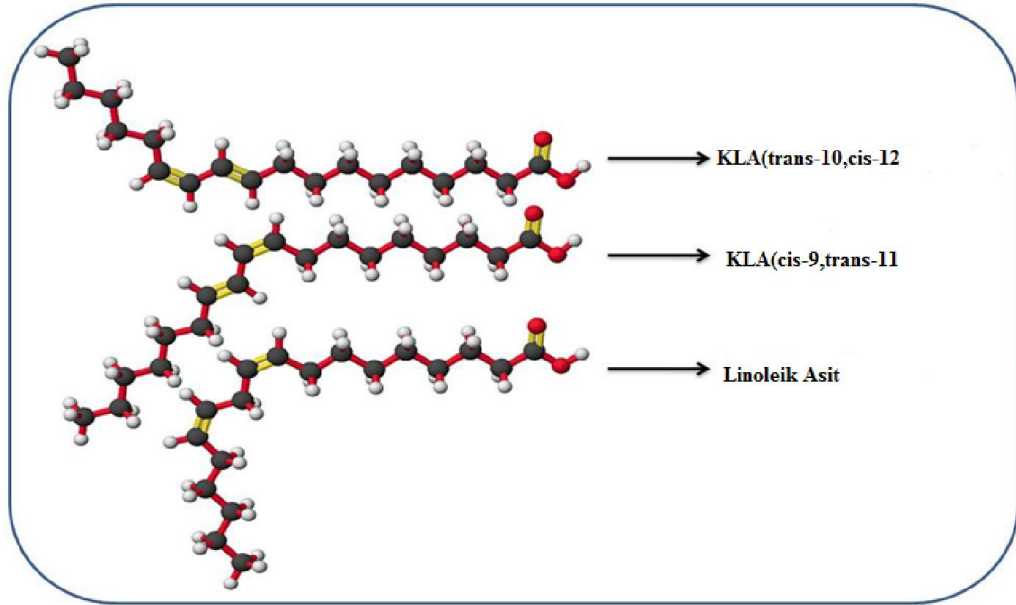
Bu kullanımlarından başka, Ortadoğu ve Asya ülkelerinde bazı çiçekleri gıdalarda renklendirici olarak, İran'da, aspir tohumlarından elde edilen salça kıvamındaki madde, peynirin mayalanmasını hızlandırmak amacıyla, Japonya'da besin maddelerinde koruyucu olarak, Çin'de bitkisel çay olarak kullanılmaktadır (Okamoto vd., 2005).

Günümüzde Dünya'da 25 tane yabancı aspir türü olduğu belirtilmektedir ve bu yabancı türlerin birkaçı Türkiye'de değişik bölgelerde görülebilmektedir. Ülkemizde, doğal ortamında yetişen bu bitkiler bazı yörelerde dikenli ayçiçeği, zerdeçal ve haspir olarak da bilinmektedir (Yakar, 2014).

2.2 Konjuge Linoleik Asit

KLA bir diğer adıyla oktadekadienoik asit, esansiyel yağ asitlerinden (omega-6) 18 karbon atomlu iki çift bağ içeren linoleik asidin konjuge formundaki çok sayıda pozisyonel ve geometrik izomerlerinin karışımı olan yağ asitleridir. LA (C18:2, n-6) c9 ve c12 düzeninde çift bağlara sahiptir. KLA'nın yapısında bulunan çift bağlar ise, LA'dan farklı olarak çeşitli pozisyonlarda bulunur. Her bir çift bağ cis veya trans düzeninde bulunabilir (Şekil 2.1). KLA'nın farklı pozisyonel ve geometrik izomerleri ona farklı biyolojik özellikler kazandırır (Demirok ve Kolsarıcı, 2010).

1979 yılında pişirilmiş sığır etindeki bu bileşenin antikarsinojenik ve mutajenik etkilerinin fark edilmesiyle KLA üzerine çalışmalar başlamıştır ve bu etkilerinin yanında vücut yağ kütlelerini azaltma, diyabete karşı etkileri ve bağışıklık sistemini güçlendirici gibi sağlık etkilerinin de olduğunun öğrenilmesi KLA'ya olan ilgiyi arttırmıştır (Khanal ve Olson, 2004).



Şekil 2.1. LA ve KLA'nın izomerleri (Pariza vd., 2001)

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, konjuge linoleik asidin (6, 8), (9, 11), (10, 12), (8, 10), (7, 9), (11, 13) ve (12, 14) pozisyonlarında, farklı cis ve trans konfigürasyonuna sahip 28 izomeri bulunduğu ve her bir izomerin farklı fonksiyonel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Collomb vd., 2006). Gıdalarda en çok *c9*, *t11* ve *t10*, *c12* izomerleri bulunur (Şekil 2.1). Bu izomerler KLA'nın biyolojik aktif izomerleri olup hayvanlar üzerinde yapılmış çalışmalara göre, *c9*, *t11* izomerinin anti-kansorejen etki gösterdiği ve *t10*, *c12* izomerinin ise kas miktarını arttırdığı gözlenmiştir. Biyolojik etkinliğe sahip olan bu izomerler toplam KLA izomerlerinin %80-90'ını oluşturmaktadır (Adlof, 2003).

2.3 Konjuge Linoleik Asit Kaynakları

Çizelge 2.1'de görüldüğü üzere KLA'nın en önemli kaynağı özellikle geniş getiren hayvanların vücut dokuları ile süt ve süt ürünleridir (Kelly, 2001; Wang ve Jones, 2004; Wahle vd., 2004). Bu ürünlerdeki KLA miktarı hayvanların yaşadığı yere ve beslenme şekline göre farklılık göstermektedir. Doğal yeşilliklerle beslenen hayvanların ürünlerindeki KLA miktarı yüksek iken, suni yemlerle beslenen hayvanların ürünlerinde düşüktür. KLA bakımından en zengin kaynaklardan biri kuzu etidir (Wahle vd., 2004).

Kümes hayvanları ve yumurtaları da düşük miktarda KLA içermekte olup KLA genelde yumurta sarısında bulunmaktadır. Hindi eti tavuk etine göre daha fazla KLA içerir (Ulus ve Gücükoğlu 2017).

Deniz ürünleri de düşük miktarlarda (0,1-0,9 mg KLA/g yağ arasında) KLA içermektedir. Örneğin karides 0,6 mg/g, alabalık 0,5 mg/g, midye 0,4 mg/g ve somon 0,3 mg/g KLA içermektedir (Chin vd., 1992; Shantha ve Decker, 1993; McGuire vd., 1999; Çelebi ve Kaya, 2008; Fritsche ve Steinhart, 1998).

İnsan sütündeki toplam KLA miktarı, inek sütünde bulunan KLA miktarından daha fazladır ve bu miktar 1 g yağda %0,37 ile %0,75 arasında değişmektedir (Fritsche ve Steinhart, 1998).

Çizelge 2.2’de görüldüğü üzere bazı bitkisel sıvı yağlar da iz miktarda KLA içermektedir. Bitkisel yağların 1 gramında genel olarak 0,1 ile 0,7 mg arasında KLA bulunmaktadır (Ju ve Jung, 2001).

Çizelge 2.1. Farklı hayvansal ürünlerdeki KLA miktarı (mg/g yağ)(Chin vd.,1992; Schmid vd., 2006).

| Hayvan Türü | Toplam KLA(mg/g yağ) |
|-----------------------------|----------------------|
| Kuzu eti | 5,6-19,0 |
| Sığır eti | 2,9-10,0 |
| Dana eti | 2,7 |
| Domuz eti | 0,6-1,5 |
| Tavuk eti | 0,7-1,5 |
| Hindi eti | 2,0-2,5 |
| At eti | 0,6 |
| Homojenize süt | 5,5 |
| Tereyağı | 4,7 |
| Yoğurt | 4,8 |
| Dondurma | 3,6 |
| Krema | 4,6 |
| Çeddar peyniri | 3,6 |
| Düşük yağlı gravyer peyniri | 4,5 |
| Süzme peynir | 6,1 |
| Krem peyniri | 3,8 |
| Mozarella peyniri | 4,9 |
| Parmesan peyniri | 3,0 |

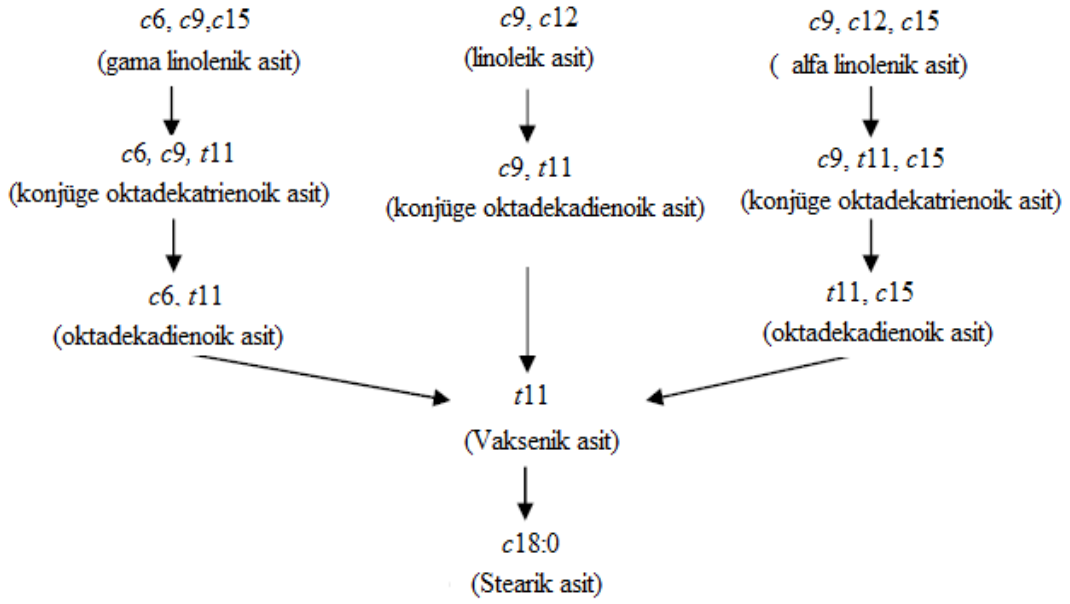
Çizelge 2.2. Bazı bitkisel yağların içerdiği KLA değerleri (Çelebi ve Kaya, 2008; Ju ve Jung, 2001; Gnädiga vd.,2001).

| Bitkisel Yağ | KLA miktarı(mg/g yağ) |
|-----------------------|-----------------------|
| Aspir yağı | 0,7 |
| Kanola yağı | 0,5 |
| Ayçiçek yağı | 0,4 |
| Mısır yağı | 0,2 |
| Zeytinyağı | 0,2 |
| Hindistan cevizi yağı | 0,1 |

2.4 Konjuge Linoleik Asit Oluşumu

KLA izomerleri, geviş getiren hayvanların rumenlerinde ve salgı bezi ile dokularında olmak üzere iki farklı metabolik yolla sentezlenir ve bu sentezin son ürünü stearik asittir. Birinci metabolik yolda, LA içeren bitkiler ile beslenen geviş getiren ruminant hayvanların (dana, koyun gibi) sindirim sistemlerinde bulunan rumen bakterisi *Butyrivibrio fibrisolvens* tarafından LA'nın biyohidrojenasyonu sonucunda KLA oluşmaktadır (Kepler vd., 1966; Khanal ve Dhiman, 2004).

Şekil 2.2'de görülen reaksiyonlarda izomeraz enzimi aktivite göstererek *c9-t11* izomeri ara ürün olarak sentezlenir ve bir kısmı dokulara taşınır. Dokulara taşınmayan izomerler *c9* çift bağının redüksiyonu ile vaksenik asite (*t11*) dönüşmekte ve bu bileşiğinde bir kısmı dokulara taşınmaktadır. Son olarak vaksenik asit *t11* çift bağının hidrojenasyonu ile stearik asite dönüşmektedir. Alfa linolenik asit ise önce konjuge oktadekatrienoik (*c9, t11, c-15*) asite, ikinci basamakta oktadekadienoik (*t9, c15*) asite, üçüncü basamakta trans vaksenik (18:1, *t11*) asite ve son olarak stearik asite (18:0) dönüşmektedir (Aydın, 2005; Çelebi ve Kaya, 2008; Griinari ve Bauman, 1999; Bauman vd., 1999; Müller ve Delahoy, 2005; Schmid vd., 2006).



Şekil 2.2. 18 karbonlu doymamış yağ asitlerinin rumende biyohidrojenasyonu (Aydın, 2005)

İkinci metabolik yolda ise KLA izomerlerinin sentezi adipoz dokularda ve memeli salgı bezinde gerçekleşir. Rumenden biyohidrojenasyona uğramadan geçen vaksenik asit, dokularda Δ^9 desaturaz enziminin etkisiyle KLA'ya dönüşebilmektedir; böylece kaslardaki KLA miktarı artmaktadır (Bauman vd., 1999; Pariza vd., 2001; Khanal ve Dhiman, 2004; Demirok ve Kolsarıcı, 2010; Crumb, 2011).

2.5 Konjuge Linoleik Asidin Günlük Alım Dozu

Ritzenthaler ve arkadaşları (2001), kansere karşı koruyucu etkisini gösterebilmesi için *c9-t11* KLA izomerinin erkeklerde en az 620 mg, kadınlarda ise 441 mg KLA alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Almanya'da yapılan bir araştırmada ise *c9-t11* KLA izomerinin besinsel olarak günlük alınması gereken ortalama miktarı kadınlarda 0,35 g/gün, erkeklerde ise 0,43 g/gün olarak belirlenmiştir (Fritsche ve Steinhart, 1998).

KLA tüketimi ülkelere göre farklılık göstermektedir. Avustralya'da 1500 mg/gün, İngiltere'de 400-600 mg/gün ve Almanya'da ise 400 mg/gün civarında olduğu tespit edilmiştir (Kurban ve Mehmetoğlu, 2006).

Amerika'da yapılan bir araştırma sonucuna göre; et tüketen kişilerin diyetlerinde 221 mg KLA/gün; et tüketmeyen kişilerin ise 102 mg KLA/gün olduğu hesaplanmıştır (Clement vd., 2001).

KLA'nın olumlu etki gösterebilmesi için günlük diyetle alınması gereken miktar 400 mg'dan daha fazladır, ancak beslenme alışkanlıklarıyla günlük alınan bu miktarın ortalama 200 mg'ın altında olduğu belirtilmiştir (Ritzenthaler vd., 2001).

2.6 Gıdaların KLA İçeriğini Etkileyen Faktörler

Gıdalarda bulunan KLA miktarı birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Hayvanın yaşı, cinsiyeti, diyeti, yetiştiği bölge ve mevsim gibi etkenler KLA miktarını etkilemektedir. Yüksek ve dağlık bölgelerde yaşayan hayvanlardan toplanan sütler ile yaz aylarındaki sütlerin KLA içeriği daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Mera ve çayırlarda otlayan hayvanlardan elde edilen süt ürünleri çim veya suni yemle beslenen hayvanlara göre daha fazla KLA içermektedir (Şahin vd., 2003; Oshea vd.,1998; Rainer ve Heiss, 2004; Watkins ve Li, 2002; Kelly, 2001).

Diğer taraftan, gıdaya uygulanan proses şartları KLA içeriği için oldukça önemlidir. Isıtma, pişirme metodu, protein kalitesi, seçilen starter kültür, olgunlaşma süresi, kullanılan katkı maddeleri gibi faktörler KLA içeriğini etkilemektedir. Peynirde süte göre daha fazla KLA vardır (Lin vd.,1995; Lin vd.,1999; Tokuşoğlu vd., 2003).

Zlatanov ve arkadaşları (2002) tarafından yapılan bir çalışmada farklı proses koşullarının peynirlerdeki KLA miktarına olan etkisi araştırılmış ve en yüksek KLA miktarının olgunlaşma süresi uzun olan peynirlerde görüldüğü belirlenmiştir.

KLA değerine etki eden bir diğer faktör gıdanın saklama koşullarıdır. Lin ve arkadaşlarının (1999) yaptığı çalışma sonucunda, çedar peynirinin konserve halinin, vakum ile paketlenmiş peynire oranla daha yüksek miktarda KLA içerdiği tespit edilmiştir.

2.7 KLA'nın Sağlık Üzerine Etkileri

2.7.1 Antikansorejen etkisi

Fare ve sıçanlar üzerinde yapılan çalışmalar, KLA'nın özellikle deri, göğüs, mide ve kolon kanseri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (Kritchevsky, 2000). KLA'nın yeni oluşacak tümörleri ve kanserli hücrelerin yayılımını engellediği belirtilmiştir (Muller ve Delahoy, 2005). KLA izomerlerinin bu fonksiyonel özelliğinin mekanizması yağların oksidasyonunu engelleyerek karsinojenik etkili serbest radikallerin oluşumunu önlemesiyle açıklanmıştır (Huang vd.,2008).

2.7.2 Bağışıklık sistemine etkisi

Vücuda alınan KLA'nın bağışıklık sistemini güçlendirici etkiye sahip olduğu bildirilmiş olup KLA ilave edilerek hazırlanan yemlerle beslenen civcivlerle yapılan bir çalışmada kısmen de olsa bağışıklık artışı sağlanmıştır (Huang vd. 2008).

Vücut allerjenler ile karşılaştığında savunma mekanizması devreye girer ve histamin adı verilen bir biyojenik amin salgılanır. Bu biyojen amin kaşıntı, döküntü gibi şikayetlere neden olur. Gıdalarla alınan KLA sayesinde bu belirtilerin azaldığı bildirilmiştir (Pariza vd. 2001).

2.7.3 Kalp ve damar hastalıkları üzerindeki etkisi

KLA izomerleri kandaki toplam kolesterol, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) ve trigliserit düzeyini düşürme, yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) düzeyini artırma ve karaciğerdeki kolesterol konsantrasyonunu azaltma özelliği vardır. Ayrıca izomerler hipertansiyon üzerine de pozitif etkiye sahiptir (Huang vd., 2008). İzomerlerin bu etkiyi gösterebilmesi tüketim süresine ve dozuna bağlıdır (Benito vd., 2001).

KLA kanın akışkanlığını arttırarak kanın kalp tarafından kolayca pompalanmasına yardımcı olmakta ve böylece damar tıkanıklığı ya da damarlara yağ birikimi belirli bir düzeyde önlenilmektedir. KLA'nın arterlerde bağ dokusu oluşumunu ve lipid depolanmasını azalttığı da gözlenmiştir (Turuni vd., 2001).

Yapılan bir çalışma, KLA ilaveli diyetin tavşanlar üzerinde plazmada kolesterol, trigliserit ve HDL/LDL kolesterol seviyesini azalttığını göstermiştir (Lee vd.,1994).

2.7.4 Anti-obezite ve antidiyabetik etki

KLA vücuttaki yağ depolarını azaltan ve yağsız kas kütesini arttıran bir maddedir. KLA'nın yağ hücrelerinden yağın çıkmasını ve kas hücrelerine yağ, glikoz ve diğer besinlerin girişini arttırdığı belirlenmiştir. Kas hücresi içine giren bu besinler kasların çalışması durumunda yakılarak kasları beslemekte ve kasların büyümesini sağlamaktadır. Bu nedenle, özellikle vücut gelişimi yapan sporcular KLA'yı takviye besin maddesi olarak kullanmaktadır (Turuni vd., 2001; Keim, 2003).

KLA izomerlerinin ayrıca glikoz metabolizmasını düzenleyerek diyabet üzerinde de etkisi vardır. Yapılan bir araştırmada, özellikle *t*10, *c*12 izomerinin diyabet hastaları ile ilgili olarak kan şekeri ve kan trigliserit konsantrasyonunu azaltıp glikozun kullanılabilirliğini artırdığı gözlenmiştir. Bu etki mekanizması, vücutta kilo kaybından sorumlu bir genin uyarılarak lipoliz reaksiyonunun hızlandırılması sayesinde obezite ve diyabet oluşumunun engellenmesi şeklinde açıklanmıştır (Ryder vd. 2001, Huang vd. 2008).

Park ve ark., (1997) tarafından yapılan çalışmada % 0,5 KLA içeren diyetin vücut ağırlığı değişmeksizin yağ dokusunda erkekte %57, dişide %60 azalmaya sebep olduğu gösterilmiştir.

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

3.1 Aspir Yağının Hidrolizi

Bir yağdan KLA üretimi gerçekleştirilecekse öncelikle yağın hidrolize edilip yağ asitlerinin elde edilmesi gerekir. Bu amaçla 500 g aspir yağı 115 g KOH (400 mL etanolde) ve 125 mL saf su ile karıştırılmış ve 1 saat geri soğutucu altında mantolu ısıtıcıda kaynatılarak sabunlaştırılmıştır. 1 saat sonunda soğutma işlemi için içerisine 0,5 L buz eklenmiş, daha sonra üzerine 600 mL H₂SO₄ (4 M) eklenerek pH 2-3 arasına düşürülmüş ve ayırma hunisine alınıp faz ayrımı sağlandıktan sonra eter (2x100 mL) kullanılarak ekstraksiyon yapılmıştır. Ekstraksiyon işleminden sonra eter vakum altında rotary evaporatörde uçurulup 50°C’de 5 saat daha kalıntı eterin uçması vakum altında sağlanmıştır (Gunstone vd., 1976).

3.2 Düşük Sıcaklık Kristalizasyon Yöntemi ile Linoleik Asidin Saflaştırılması

Bu aşamada, Frankel vd. (1943) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bunun için hidrolize edilmiş yağ asitleri karışımı farklı polariteye sahip çözücüler (petrol eter, izo-oktan, hekzan, aseton, izo-propil alkol, metanol ve etanol) içinde çözüldürüldükten (50 g/L) sonra -40, -55 ve -70°C’ deki derin dondurucuda çok yavaş şekilde karıştırılarak (24 saat) doymuş yağ asitlerinin kristalleşmesi sağlanmıştır. Daha sonra kaba filtre kâğıdından süzülerek elde edilen katı ve sıvı fazlar birbirlerinden ayrılmıştır. Böylece -40, -55 ve -70°C’de kristalleşen ve kristalleşmeyen yağ asitleri olmak üzere toplam 42 adet ürün elde edilmiştir. Tüm bu işlemler iki paralel olacak şekilde yürütülmüştür.

3.3 Konjuge Linoleik Asit Üretimi

Bu aşamada 25 g saf LA (aspir yağından elde edilen) 13 g KOH (25 mL etilen glikolde) ile geri soğutucu altında sepetli ısıtıcıda (MTops MS-E104), mikrodalga fırın ve ultrasonik banyoda izomerizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Sonrasında ise üzerine 40 mL etanol ve 25 mL 6 N HCl ilave edilerek pH <2’ye ayarlanmıştır. Daha sonra elde

edilen ürün, önce saf su ile (80 mL), sonra hekzan (80 mL) ile ve son aşamada da %30'luk metanol ile (80 mL) yıkandıktan sonra elde edilen ürün susuz sodyum sülfat ile kurutulup rotary evaporatörde (Heidolph Hei-vap) kalıntı hekzan uçurularak KLA eldesi sağlanmıştır. Elde edilen KLA - 20°C'de depolanarak sonraki aşamalar için saklanmıştır (Yang ve Liu, 2004).

Kontrol grubu olması amacıyla sepetli ısıtıcı ile KLA üretiminde 180 °C'de 1, 2, 4, 6 ve 8 saat izomerizasyon işlemi yapılmıştır. Mikrodalga fırın ve ultrasonik banyoda ise 5 farklı süre ve 4 farklı güç seviyeleri kullanılarak izomerizasyon yapılmıştır. Mikrodalgada yapılan üretimlerde mikrodalga gücü 120-700 W ve süresi 0,5-6,0 saat olarak belirlenirken, ultrasonik banyoda ise genlik %25-100 ve süre ise 0,5-6,0 saat olarak belirlenmiştir.

3.4 Yağ Asitlerinin Transesterifikasyonu ile Metil Esteri Eldesi

Bu aşamada, Christie (1989) tarafından bildirilen ve Kim ve Liu (1999) tarafından değiştirilen yağ asitlerinin asidik ortamda transesterifikasyonu metodu kullanılarak serbest yağ asitlerinin metil esterleri oluşturulmuştur. Bu amaçla 2 mg örnek üzerine 0,12 mL %1'lik H₂SO₄ (metanolde) ilave edilmiş ve 70°C'de 2 saat bekletilmiştir. Daha sonra üzerine %5'lik NaCl çözeltisinden 0,14 mL ilave edilmiş ve ayırma hunisinde 15 mL hekzan ile 2 kez ekstraksiyon yapılmıştır. Hekzan fazı üzerine %4'lük 0,12 mL potasyum bikarbonat ilave edilip sodyum sülfat varlığında vakum altında filtre edilmiştir.

3.5 HPLC ile Yağ Asitlerinin Miktar ve İzomer Analizi

Son ürünlerin KLA izomerleri içeriği, Sehat vd. (1999) tarafından önerilen metot kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla HPLC cihazına transesterifikasyon yoluyla oluşturulan yağ asidi metil esterlerini içeren örnekten 20 µL enjekte edilmiştir. Örneklerin bileşenlerine ayrıştırılmasında "Chromspher 5 lipit" analitik kolonu (4,6 mm ID, 250 mm, 5 µm partikül boyutu, Varian, Polo Alto, CA, USA) ve yağ asitlerinin belirlenmesinde ise UV dedektörü (233 nm) kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Hareketli faz olarak %0,1 asetonitril içeren hekzan kullanılmıştır (akış hızı 1

mL/dakika). İzomerlerin tam olarak tespiti için aynı şartlarda standartların enjeksiyonu yapılmıştır.

3.6 Deneme Deseni ve İstatistiksel Analizler

D-Optimal Cubic model kullanılarak oluşturulan deneme planının uygunluğu Design Expert 8.0.7.1 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA) programı ile kontrol edilmiştir. Deneysel cevaplar alındıktan sonra yapılmış olan varyans analizi ve cevap yüzey grafiklerinin oluşturulması ve optimum noktaların belirlenmesi için yine Design Expert 8.0.7.1 paket programı kullanılmıştır.



BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Aspir Yağının ve Saflaştırılmış LA'nın Yağ Asitleri Analizi

Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere çözücü olarak petrol eter kullanıldığında -40°C 'de gerçekleştirilen kristalizasyon işleminin sonucuna göre yağ asitlerinin $\%15,24\pm 0,76$ 'sının katılaştığı gözlenirken, $\%84,76\pm 1,23$ 'ünün katılaşmadığı gözlenmiştir. Buna göre diğer çözücülere oranla daha yüksek oranda katılan yağ asitleri palmitik asit ($\%40,53 \pm 2,03$), stearik asit ($\%15,73\pm 0,78$) ve araşidik asit ($\%2,02\pm 0,10$) olmuştur. Katılaşmayan yağ asitleri içinde ise en fazla LA'nın $\%76,0 \pm 1,83$ oranında oluştuğu gözlenmiştir. Çözücü olarak izo-oktan ve hekzan kullanımında da petrol eter gibi -40°C 'de katılaşmanın daha az olduğu ($\%22,96 \pm 1,14$ ve $\%30,61 \pm 0,53$) belirlenmiştir. Hekzan çözücüsü içerisinde -40°C 'de en fazla katılan fazı oleik asit ($\%57,07 \pm 1,85$), katılaşmayan fazı $\%90,74\pm 1,53$ LA oluşturmaktadır. İzooktan kullanımında ise katılaşmayan fazı $\%77,04 \pm 1,85$ verimle $\%84,23\pm 1,21$ LA oluşturmaktadır. Çözücü olarak aseton kullanımında $\%59,33\pm 1,96$ verim ile LA $\%90,37 \pm 1,51$ saflıkta elde edilmiştir (Çizelge 4.1).

Eksi 40°C 'de yağ asitlerinin en fazla katılma gösterdiği çözücü metanol olmuştur ve $\%51,18\pm 1,55$ oranında kristal oluşumu gözlenmiştir. Katılan bu yağ asitlerinin yüksek oranda ($\%60,30 \pm 1,01$) LA içerdiği belirlenmiştir. Çözücü olarak etanol kullanımında da yüksek oranda ($\%58,99 \pm 1,94$) LA içeren yağ asitlerinin $\%47,43 \pm 1,37$ verimle katılaştığı belirlenmiştir. İzopropil alkol çözücüsü içerisinde de yağ asitlerinin neredeyse yarısının kristalleştiği ve yüksek oranda ($\%52,41 \pm 1,62$) LA içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Eksi 40°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon sonuçları

| Çözücü | Polarite İndeksi | Yağ asitleri | Palmitik Asit (%) | Stearik Asit (%) | Oleik Asit (%) | Linoleik Asit (%) | Linolenik Asit (%) | Araşidik Asit (%) | Verim (%) |
|-----------------|------------------|--------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------|
| | | Aspir Yağı | 6,30±0,15 | 2,41±0,22 | 23,54±1,12 | 67,30±1,5 | 0,12±0,01 | 0,33±0,01 | |
| Petrol eter | 0,01 | Katı faz | 40,53±2,03 | 15,73±0,78 | 26,39±1,32 | 15,29±0,76 | 0,05±0,00 | 2,02±0,10 | 15,24±0,76 |
| | | Sıvı faz | 0,15±0,01 | 0,01±0,00 | 23,03±1,15 | 76,05±1,83 | 0,13±0,07 | 0,03±0,00 | 84,76±1,23 |
| İzooktan | 0,01 | Katı faz | 27,39±1,37 | 10,46±0,53 | 50,38±1,51 | 10,49±0,52 | 0,03±0,00 | 1,25±0,06 | 22,96±1,14 |
| | | Sıvı faz | 0,02±0,00 | 0,01±0,00 | 15,54±0,77 | 84,23±1,21 | 0,15±0,00 | 0,06±0,00 | 77,04±1,85 |
| Hekzan | 0,01 | Katı faz | 20,22±1,01 | 7,50±0,37 | 57,07±1,85 | 14,15±0,70 | 0,03±0,00 | 1,03±0,05 | 30,61±0,53 |
| | | Sıvı faz | 0,16±0,01 | 0,17±0,01 | 8,75±0,43 | 90,74±1,53 | 0,16±0,01 | 0,02±0,00 | 69,39±1,47 |
| Aseton | 3,55 | Katı faz | 15,31±0,77 | 5,84±0,29 | 44,41±1,22 | 33,64±1,68 | 0,02±0,01 | 0,77±0,03 | 40,67±1,03 |
| | | Sıvı faz | 0,12±0,01 | 0,06±0,00 | 9,23±0,46 | 90,37±1,51 | 0,19±0,01 | 0,01±0,00 | 59,33±1,96 |
| İzopropil alkol | 5,46 | Katı faz | 15,34±0,77 | 5,49±0,27 | 26,69±1,33 | 52,41±1,62 | 0,01±0,00 | 0,01±0,00 | 48,36±1,01 |
| | | Sıvı faz | 0,18±0,01 | 0,33±0,01 | 21,41±1,07 | 77,38±1,86 | 0,19±0,01 | 0,51±0,02 | 51,64±1,98 |
| Etanol | 6,54 | Katı faz | 13,04±0,65 | 4,49±0,22 | 22,73±1,13 | 58,99±1,94 | 0,10±0,01 | 0,65±0,03 | 47,43±1,37 |
| | | Sıvı faz | 0,22±0,01 | 0,53±0,027 | 24,27±1,21 | 74,80±1,74 | 0,14±0,00 | 0,04±0,00 | 52,57±1,62 |
| Metanol | 7,62 | Katı faz | 12,10±0,61 | 4,63±0,23 | 22,30±1,11 | 60,30±1,01 | 0,04±0,00 | 0,63±0,03 | 51,18±1,55 |
| | | Sıvı faz | 0,22±0,01 | 0,09±0,00 | 24,84±1,24 | 74,64±1,73 | 0,21±0,01 | 0,01±0,00 | 48,82±1,44 |

Eksi 55°C’de çözücü olarak petrol eter kullanıldığında yağ asitlerinin %19,92 ±0,99 katılaştığı gözlenmiştir. Çözücü olarak izo-oktan kullanıldığında ise %28,81 ±1,44 oranında katılma gerçekleşmiştir. Katılan yağ asitlerinin ise diğer çözücülere oranla daha yüksek oranda doymuş yağ asitlerini içerdiği belirlenmiştir. Katılmayan yağ asitlerinin petrol eter de %76,80 ±1,84 ve izo-oktan da %83,28 ±1,16 oranında LA’dan oluştuğu gözlenmiştir. Çözücü olarak hekzan kullanımında da polaritesi yüksek çözücülere oranla katılmanın eksi 55°C’de az olduğu (%33,33±0,66) belirlenirken katılmayan fazın %66,67 ±1,33 verimle %91,14 ±1,55 LA içerdiği belirlenmiştir. Aseton kullanımında %54,53±1,72 verim ve %92,44 ±1,62 saflıkta LA eldesi sağlanabilmiştir. Eksi 55°C’de en fazla katılma gösteren çözücü metanol olup yağ asitlerinin %61,76±1,08 oranında kristalleştiği gözlenmiştir. Katılan bu yağ asitleri de yüksek oranda (%61,42±1,07) LA içermektedir. Etanol kullanımında da yüksek oranda (%61,21 ±1,06) LA içeren yağ asitlerinin %60,75 ±1,03 verimle katıldığı gözlenmiştir. Çözücü olarak izo-propil alkol kullanımında da yağ asitlerinin neredeyse yarısının kristalleştiği ve %56,40 ±1,82 oranında LA içerdiği belirlenmiştir. Eksi 55°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon işleminin sonunda araşidik asidin tüm çözücülerde kristalleştiği gözlenirken, palmitik asit ve stearik asidin ise çözücü olarak petrol eter, izo-oktan, hekzan ve aseton kullanımında kristal oluşturduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2).

Eksi 70°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon işleminde çözücü olarak polarite indeksi diğer çözücülere oranla daha yüksek olan metanol (%63,38 ±2,27) ve etanol (%62,94 ±2,65) kullanımında en fazla kristalizasyon gerçekleşirken en düşük kristalizasyon polarite indeksi düşük olan petrol eter (%24,59 ±0,83), izo-oktan (%31,49 ±1,07) ve hekzan (%36,01 ±0,80) kullanımında gerçekleşmiştir. Çözücü olarak aseton kullanıldığında kristalleşmeyen sıvı fazın en yüksek LA içeriğine sahip olduğu ve saflık değeri %98,17 ±1,91 olarak belirlenmiştir. Çözücü olarak yüksek polariteye sahip olan izo-propil alkol kullanımında %80,95 ±1,07, etanol kullanımında %79,34 ±1,86 ve metanol kullanımında %80,30 ±1,22 saflık değerlerinde LA elde edilirken düşük verimde (%41,19 ±1,06, %36,62 ±0,73 ve %37,06 ±0,85) LA eldesi sağlanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2. Eksi 55°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon sonuçları

| Çözücü | Polarite İndeksi | Yağ asitleri | Palmitik Asit (%) | Stearik Asit (%) | Oleik Asit (%) | Linoleik Asit (%) | Linolenik Asit (%) | Araşidik Asit (%) | Verim (%) |
|-----------------|------------------|--------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------|
| | | Aspir Yağı | 6,30±0,15 | 2,41±0,22 | 23,54±1,12 | 67,30±1,25 | 0,12±0,01 | 0,33±0,01 | |
| Petrol eter | 0,01 | Katı faz | 31,50±1,57 | 12,07±0,60 | 25,64±1,28 | 29,10±1,45 | 0,15±0,01 | 1,55±0,07 | 19,92±0,99 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 23,02±1,15 | 76,80±1,84 | 0,11±0,00 | TE | 80,08±1,00 |
| İzooktan | 0,01 | Katı faz | 21,86±1,09 | 8,36±0,41 | 40,87±1,04 | 27,82±1,39 | 0,03±0,00 | 1,06±0,05 | 28,81±1,44 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 16,53±0,82 | 83,28±1,16 | 0,16±0,01 | TE | 71,19±3,56 |
| Hekzan | 0,01 | Katı faz | 18,62±0,93 | 6,91±0,36 | 53,85±1,69 | 19,62±0,98 | 0,03±0,00 | 0,97±0,04 | 33,33±0,66 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 8,39±0,41 | 91,14±1,55 | 0,16±0,01 | TE | 66,67±1,33 |
| Aseton | 3,55 | Katı faz | 13,78±0,69 | 5,30±0,26 | 43,00±1,15 | 37,15±1,85 | 0,07±0,00 | 0,70±0,03 | 45,47±1,27 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 7,31±0,36 | 92,44±1,62 | 0,16±0,01 | TE | 54,53±1,72 |
| İzopropil alkol | 5,46 | Katı faz | 12,48±0,62 | 4,58±0,22 | 26,43±1,32 | 56,40±1,82 | 0,02±0,00 | 0,61±0,04 | 50,28±1,51 |
| | | Sıvı faz | 0,05±0,00 | 0,21±0,01 | 20,62±1,03 | 78,32±1,91 | 0,22±0,01 | TE | 49,72±1,48 |
| Etanol | 6,54 | Katı faz | 10,29±0,51 | 3,65±0,18 | 24,22±1,21 | 61,21±1,06 | 0,09±0,00 | 0,54±0,02 | 60,75±1,03 |
| | | Sıvı faz | 0,13±0,00 | 0,48±0,02 | 22,48±1,12 | 76,73±1,83 | 0,17±0,01 | TE | 39,25±0,96 |
| Metanol | 7,62 | Katı faz | 10,20±0,51 | 3,89±0,19 | 23,92±1,19 | 61,42±1,07 | 0,04±0,00 | 0,53±0,02 | 61,76±1,08 |
| | | Sıvı faz | 0,11±0,00 | 0,03±0,00 | 22,92±1,14 | 76,79±1,84 | 0,25±0,01 | TE | 38,24±0,91 |

TE: Tespit edilemedi

Çizelge 4.3. Eksi 70°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon sonuçları

| Çözücü | Polarite İndeksi | Yağ asitleri | Palmitik Asit (%) | Stearik Asit (%) | Oleik Asit (%) | Linoleik Asit (%) | Linolenik Asit (%) | Araşidik Asit (%) | Verim (%) |
|------------------|------------------|--------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------|
| | | Aspir Yağı | 6,30±0,15 | 2,41±0,22 | 23,54±1,12 | 67,30±1,25 | 0,12±0,01 | 0,33±0,01 | |
| Petrol eter | 0,01 | Katı faz | 25,62±1,28 | 9,78±0,49 | 30,46±1,52 | 32,65±1,63 | 0,22±0,01 | 0,84±0,00 | 24,59±0,83 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 21,28±1,06 | 78,60±1,93 | 0,09±0,01 | TE | 75,41±1,77 |
| izo-oktan | 0,01 | Katı faz | 15,17±0,79 | 5,81±0,29 | 35,01±1,75 | 42,66±1,13 | 0,04±0,00 | 0,79±0,04 | 31,49±1,07 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 16,41±0,77 | 82,77±1,24 | 0,18±0,01 | TE | 68,51±2,92 |
| Hekzan | 0,01 | Katı faz | 17,46±0,87 | 6,69±0,34 | 51,99±1,60 | 22,33±1,11 | 0,03±0,00 | 0,91±0,05 | 36,01±0,80 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 7,53±0,37 | 92,61±1,63 | 0,17±0,01 | TE | 63,99±1,19 |
| Aseton | 3,55 | Katı faz | 12,01±0,61 | 4,60±0,23 | 42,91±1,15 | 39,26±0,96 | 0,09±0,01 | 0,61±0,03 | 52,40±1,62 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 1,78±0,11 | 98,17±1,91 | 0,16±0,01 | TE | 47,60±1,38 |
| izo-propil alkol | 5,46 | Katı faz | 10,69±0,55 | 4,05±0,20 | 27,39±1,37 | 57,74±1,88 | 0,02±0,00 | 0,57±0,01 | 58,81±1,94 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 18,04±0,90 | 80,95±1,07 | 0,26±0,01 | TE | 41,19±1,06 |
| Etanol | 6,54 | Katı faz | 9,63±0,48 | 3,68±0,18 | 23,75±1,18 | 60,98±1,09 | 0,09±0,00 | 0,49±0,02 | 63,38±2,27 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 23,15±1,15 | 79,34±1,86 | 0,18±0,01 | TE | 36,62±0,73 |
| Metanol | 7,62 | Katı faz | 8,64±0,43 | 3,29±0,16 | 26,15±1,31 | 60,99±1,05 | 0,04±0,00 | 0,45±0,02 | 62,94±2,65 |
| | | Sıvı faz | TE | TE | 19,49±0,82 | 80,30±1,22 | 0,31±0,02 | TE | 37,06±0,85 |

TE: Tespit edilemedi

Kullanılan çözücülerin polaritesi özellikle doymuş yağ asitlerinin kristalizasyon oluşumunda önemli bir etken olup, polarite farkının artmasıyla kristalize olan yağ asitleri miktarının arttığı belirlenmiştir. Nitekim Vazquez & Akoh (2011) düşük sıcaklık kristalizasyon işlemi sırasında çözücü ile serbest yağ asitleri arasındaki polarite farkının çok önemli olduğunu, çok düşük polariteli bir çözücü kullanıldığında doymuş yağ asitlerinin sıvı fraksiyonda çözünürlüğünün azaldığını ve işlemin seçiciliğinin arttığını bildirmişlerdir. Eksi 70°C’de gerçekleştirilen kristalizasyon işleminde doymuş yağ asitlerinin tamamı kristalleşirken sıvı fazda tespit edilememiştir (Çizelge 4.3). Bu durum düşük sıcaklık kristalizasyon işleminde sıcaklığın en önemli etkenlerden olduğunu ortaya koymaktadır ($P < 0,05$).

Yapılan çalışma kapsamında elde edilen veriler üzerindeki istatistiksel değerlendirmeye göre çözücü olarak kullanılan kimyasalların polarite indeks değerlerinin ve düşük sıcaklık kristalizasyon işleminde kullanılan sıcaklık değerlerinin istatistiksel olarak $P < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir araştırmaya göre üre kristalizasyon yöntemi ile ayçiçek yağından %87,80 oranında LA içeren ürün elde edilebileceği belirlenmiştir (Wu *vd.*, 2008). Üre kristalizasyon yöntemi ile LA eldesi için %76,4 LA içeren aspir yağı kullanılarak %95'in üzerinde saflık değerine sahip ürün elde edilmiş ve LA konsantrasyonu yaklaşık olarak %25 oranında artırılmıştır (Ma *vd.*, 1999).

Yapılan bir başka araştırmada ise pamuk yağından % 85'in üzerinde saflık değerine sahip LA eldesi için düşük sıcaklık kristalizasyon yöntemi ile çözücü olarak aseton ve sıcaklık olarak eksi 60°C şartlarında elde edildiği bildirilmiştir (Brown & Stoner, 1937). Sunulan bu çalışma sonucuna göre düşük sıcaklık kristalizasyon yöntemi ile aspir yağından elde edilen yağ asitlerinin LA içeriği yaklaşık olarak %40-45 oranında artırılmış ve %67,30 LA içeren aspir yağı kullanılarak yapılan önceki çalışmalardan daha yüksek saflıkta (%98) LA içeren bir ürün yaklaşık %47 verimle elde edilmiştir.

4.2 Klasik Yolla KLA Üretimi

Kontrol grubu olması amacıyla sepetli ısıtıcı ile KLA üretiminde 180 °C'de 1, 2, 4, 6 ve 8 saat izomerizasyon işlemi yapılmıştır. Sonuçlardanda görüldüğü üzere reaksiyon süresi arttıkça toplam KLA izomerlerinin de artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 6.4). En yüksek KLA dönüşümü 180°C'de 8 saat sonunda gerçekleşmiş olup toplam KLA dönüşümü % 55,38 olarak belirlenmiştir. En yüksek KLA dönüşümünün gerçekleştiği reaksiyon şartlarında %22,41 *10t-11c*, %24,46 *9c-11t* ve %8,50 diğer izomerlerin varlığı tespit edilmiştir.

Çizelge 6.4. Klasik yolla KLA'nın alkali izomerizasyonu

| v | Sıcaklık (°C) | Süre (Saat) | Toplam KLA Dönüşümü (%) | <i>10t-11c</i> KLA (%) | <i>9c-11t</i> KLA (%) | Diğer izomerler (%) |
|---|---------------|-------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | 180 | 1 | 8,67 | 3,38 | 3,65 | 1,63 |
| 2 | 180 | 2 | 12,25 | 4,63 | 5,00 | 2,62 |
| 3 | 180 | 4 | 27,13 | 10,75 | 11,74 | 4,64 |
| 4 | 180 | 6 | 51,63 | 20,48 | 22,30 | 8,86 |
| 5 | 180 | 8 | 55,38 | 22,41 | 24,46 | 8,50 |

4.3 Mikrodalga Gücünün ve Reaksiyon Süresinin KLA Oluşumuna Etkisi

Mikrodalga gücünün ve reaksiyon süresinin KLA oluşumu üzerindeki etkisi, yanıt yüzeyi metodu ile değerlendirildi. Deneylerde elde edilen izomerizasyon dereceleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Deneysel sonuçlarda çoklu regresyon analizi kullanılarak değişkenler ve cevap arasındaki ilişki aşağıda verilen denklem izlenerek ifade edilmiştir:

$$LA' \text{ dan KLA 'ya izomerizasyon derecesi, } Y (\%) = 70,48 + 40,45A + 5,87B - 11,78A^2 - 3,52A^2B - 2,81AB^2 + 1,59B^3$$

A: Reaksiyon süresi (s)

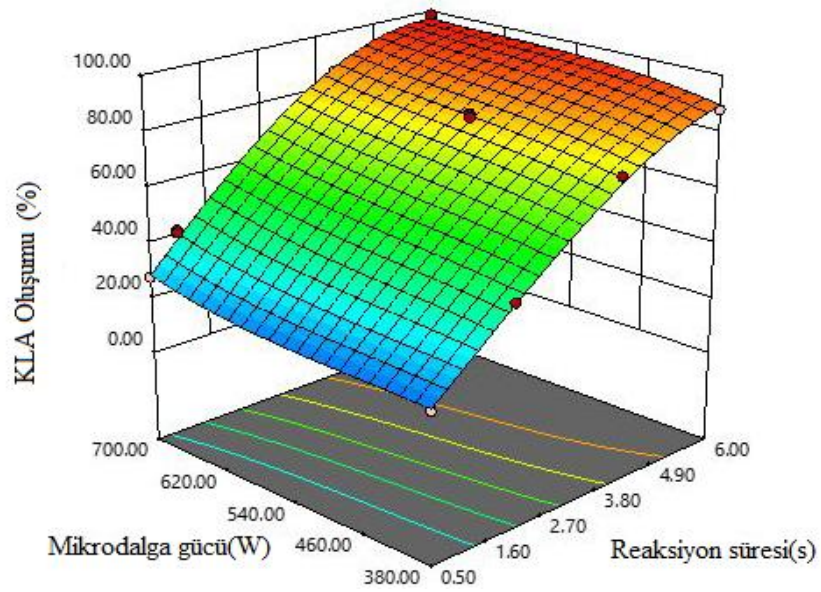
B: Mikrodalga gücü (W)

Varyans analizi sonuçlarına göre (ANOVA), daha yüksek F (215,62) ve daha düşük p değerleri (<0,0001), cevaptaki varyasyonların çoğunun regresyon modeliyle açıklanabileceğini göstermiştir. R^2 , düzeltilmiş R^2 ve tahmin edilen R^2 değerleri sırasıyla 0,9939, 0,9892 ve 0,9381 olarak belirlenmiş olup bu değerler, geliştirilen modelin cevap ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin açıklanmasında uygun olduğunu göstermiştir (mikrodalga gücü ve reaksiyon süresi). Diğer taraftan reaksiyon süresi daha yüksek bir öneme sahip iken (p <0,0001), mikrodalga gücünün daha az önemli olduğu tespit edilmiştir (p = 0,0034).

Reaksiyon süresinin uzaması, tüm mikrodalga güçleri için KLA oluşum oranının önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Her reaksiyon süresi için, artan mikrodalga gücü, Şekil 4.2'de gösterildiği üzere KLA oluşumunu arttırmıştır. 22 deneyin KLA oluşumu % 9,24 ile 98,41 aralığında ölçülmüştür. En yüksek oranda KLA üretimi için belirlenen optimum koşullarda (5,83 saat reaksiyon süresi ve 699,99 W mikrodalga gücü) % 97,074 oranında KLA oluşumu tahmin edilmiştir. Optimum koşulları doğrulamak için yapılan 6 saatlik reaksiyon süresi ve 700 W'lik mikrodalga gücü ile deneysel değer (%97,21) öngörülen değere yakın olarak tespit edilmiştir. İstenen KLA izomerlerinin (c9-t11 ve t10-t12 KLA) içeriği ise % 47,09 c9- t11 ve % 48,25 t10-c12, istenmeyen izomerler % 1,87 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6.6. Mikrodalga destekli alkali izomerizasyonunda gözlemlenen ve öngörülen değerler

| Sıra | Süre (s) | Mikrodalga gücü (W) | İzomerizasyon derecesi (%) | |
|------|----------|---------------------|----------------------------|-----------|
| | | | Gözlemlenen | Öngörülen |
| 1 | 4,00 | 380,00 | 75,32 | 69,58 |
| 2 | 4,00 | 540,00 | 82,38 | 80,12 |
| 3 | 2,00 | 380,00 | 44,79 | 45,88 |
| 4 | 6,00 | 700,00 | 97,27 | 100 |
| 5 | 1,00 | 540,00 | 30,70 | 36,71 |
| 6 | 0,50 | 700,00 | 27,86 | 26,72 |
| 7 | 6,00 | 700,00 | 98,41 | 100 |
| 8 | 6,00 | 380,00 | 87,94 | 81,66 |
| 9 | 1,00 | 540,00 | 31,20 | 36,71 |
| 10 | 6,00 | 540,00 | 93,40 | 94,54 |
| 11 | 0,50 | 380,00 | 19,43 | 20,47 |
| 12 | 4,00 | 700,00 | 85,47 | 84,00 |
| 13 | 4,00 | 540,00 | 81,44 | 80,12 |
| 14 | 4,00 | 540,00 | 82,80 | 80,12 |
| 15 | 2,00 | 700,00 | 54,18 | 55,63 |
| 16 | 2,00 | 540,00 | 48,24 | 54,08 |
| 17 | 1,00 | 700,00 | 42,16 | 37,09 |
| 18 | 1,00 | 700,00 | 41,12 | 37,09 |
| 19 | 1,00 | 120,00 | 9,24 | 4,01 |
| 20 | 2,00 | 120,00 | 21,18 | 18,33 |
| 21 | 4,00 | 120,00 | 28,50 | 38,24 |
| 22 | 6,00 | 120,00 | 46,10 | 46,53 |



Şekil 4.2. Mikrodalga destekli alkali izomerizasyonu

4.4 Ultrason Genliğinin ve Reaksiyon Süresinin KLA Oluşumuna Etkisi

Ultrason genliği ve reaksiyon süresinin izomerizasyon derecesi üzerine etkisi D optimal dizayn kullanılarak belirlenmiştir. Bu aşamada başlangıçta bulunan LA'nın KLA'ya dönüşüm yüzdesi izomerizasyon derecesi olarak ifade edilmiştir.

R^2 , düzeltilmiş R^2 ve tahmin edilen R^2 'nin sonuçları 0,943'ten yüksek bulunmuş olup bu değerler regresyon modelinin cevap ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermede uygun olduğunu kanıtlamıştır. Sonuç olarak, KLA oluşumu için geliştirilen modelin yeterli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6.5). Deneysel sonuçlarda çoklu regresyon analizi kullanılarak değişkenler ve cevap arasındaki ilişki aşağıda verilen denklem izlenerek ifade edilmiştir:

LA'dan KLA'ya izomerizasyon derecesi, $Y (\%) = 42,82 + 26,55A + 8,67B$

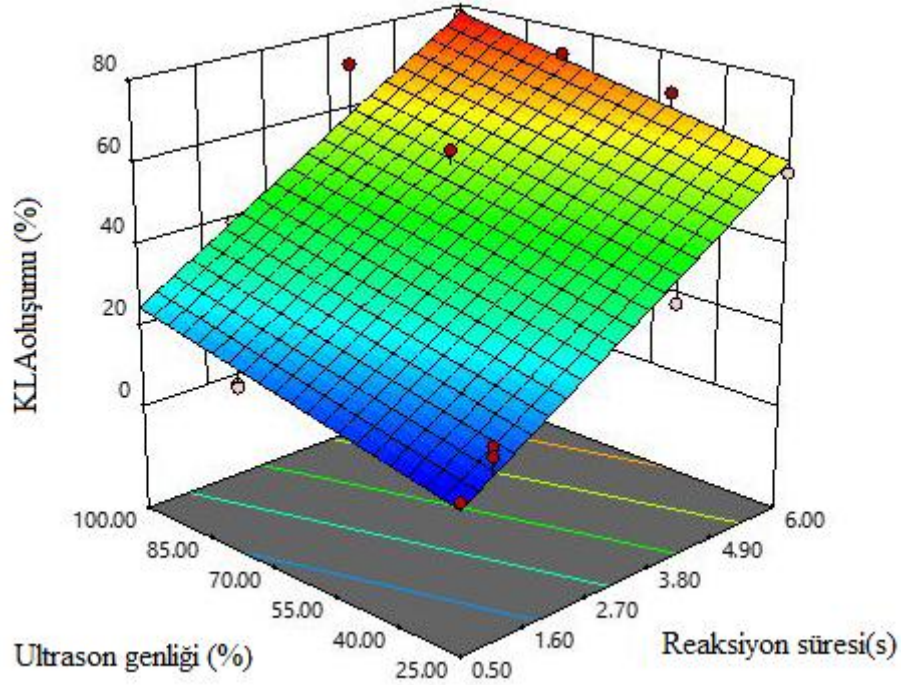
A: Reaksiyon süresi (s)

B: Ultrason genliği (%)

KLA oluşumu, ultrason genliğinden ve reaksiyon süresinden önemli derecede etkilenmiştir ($p < 0,0001$). Ultrason genliğinde ve reaksiyon süresindeki artış KLA oluşumu üzerinde olumlu bir etki göstermiştir (Şekil 4.2). Reaksiyon sisteminde artan genlik ve reaksiyon süresi sonucunda enerji girişi artmıştır. Bunun sonucunda daha fazla sayıda kavitasyon kabarcığı oluşarak kavitasyon etkisinin artmasına yol açmıştır (Braeutigam vd., 2012). Ultrason genliği % 25'ten 100'e ve reaksiyon süresinin % 0,5'den 6 saate yükseltilmesiyle, KLA oluşumu %9,33'ten %76,98'ya yükselmiştir (Çizelge 4.5). Ultrasonik alkali izomerizasyonunda belirlenen optimum koşullar, 5,99 saat reaksiyon süresi ve % 98,93'lük ultrason genliği olup bu koşullarda %77,68'lik bir tahmini KLA oluşumu belirlenmiştir. Belirlenen koşulların doğrulanması 6 saat reaksiyon süresi ve % 100'lük ultrason genliği kullanılarak deneysel olarak tekrarlanmış ve bu koşullarda, deneysel değer (%76,98) tahmin edilen (%77,68) değerle paralellik göstermiştir. Bu şartlarda üretilen KLA karışımının istenmeyen izomer içeriği %0,62 ve istenen KLA izomer (sağlığa faydalı olduğu kanıtlanmış) içeriği %76,36 olarak belirlenmiştir (*c9-t11 KLA* % 36,34 için ve *t10-c12 KLA* % 40,02).

Çizelge 4.5. Ultrason destekli alkali izomerizasyonunda gözlenen ve tahmin edilen değerler

| Sıra | Süre (Saat) | Ultrason genliği (%) | İzomerizasyon derecesi (%) | |
|------|-------------|----------------------|----------------------------|-----------|
| | | | Gözlemlenen | Öngörülen |
| 1 | 4,00 | 50 | 43,89 | 47,17 |
| 2 | 1,00 | 25 | 16,64 | 12,42 |
| 3 | 1,00 | 25 | 18,94 | 12,42 |
| 4 | 6,00 | 50 | 70,03 | 66,47 |
| 5 | 0,50 | 75 | 14,69 | 19,16 |
| 6 | 6,00 | 75 | 73,28 | 72,26 |
| 7 | 0,50 | 75 | 15,45 | 19,16 |
| 8 | 2,00 | 100 | 39,14 | 39,42 |
| 9 | 4,00 | 100 | 71,20 | 58,73 |
| 10 | 6,00 | 25 | 57,70 | 60,69 |
| 11 | 4,00 | 25 | 35,70 | 41,38 |
| 12 | 4,00 | 50 | 43,89 | 47,17 |
| 13 | 2,00 | 50 | 26,92 | 27,86 |
| 14 | 2,00 | 100 | 34,15 | 39,42 |
| 15 | 4,00 | 75 | 56,52 | 52,95 |
| 16 | 6,00 | 100 | 75,88 | 78,04 |
| 17 | 0,50 | 25 | 9,33 | 7,59 |
| 18 | 6,00 | 100 | 76,98 | 78,04 |



Şekil 4.1. KLA oluşumuna ultrason destekli alkali izomerizasyonun etkileri

4.5 Yöntemlerin Karşılaştırılması

LA'nın KLA'ya alkali izomerizasyonunda, klasik alkali izomerizasyonu, mikrodalga gücü ve ultrason genliğinin etkileri, LA'nın izomerizasyon derecesi dikkate alınarak birbirleriyle ve literatür verileriyle karşılaştırılmıştır.

Mikrodalga destekli alkali izomerizasyonu, izomerizasyon işlemi sırasında daha yüksek KLA içeriği üretmiştir. Silva-Ramírez ve arkadaşları (2017), mikrodalga destekli alkali izomerizasyonunda LA'nın KLA'ya dönüştürülmesi için optimum koşulların, NaOH/LA 0.5: 1, propilen glikol/LA 1: 1, 4 dakikalık reaksiyon süresi, 210 W mikrodalga gücü ve 250 psi basıncı kütle oranlarında olduğunu, ancak farklı mikrodalga güçlerinin etkisini değerlendirmedini bildirmiştir. Silva- Ramírez ve arkadaşlarının çalışmasında (2017) KLA oluşumu için düşük reaksiyon süresi, reaksiyon sırasındaki basıncın varlığına ve izomerizasyon işleminde yüksek katalizör konsantrasyonunun kullanılmasına bağlanabilir.

Bu çalışmada, mikrodalga destekli alkali izomerizasyonu ile karşılaştırmak için ultrason uygulama süresi 6 saat ile sınırlandırılmış, ancak izomerizasyon derecesi ultrason reaksiyon zamanının artırılmasıyla artırılabilir. Literatürde ultrason alkali izomerizasyonu için karşılaştırılabilir KLA oluşumu sonuçları yoktur. Ancak klasik yöntemle en yüksek KLA dönüşümü 180°C'de 8 saat sonunda % 55,38 (%22,41 *10t-11c*, %24,46 *9c-11t* ve %8,50 diğer izomer) olarak belirlenmiş iken mikrodalga destekli üretimde yaklaşık aynı oran (%54,18) 700 W ve 2 saatlik bir reaksiyon sonunda, ultrason destekli üretimde ise yaklaşık aynı KLA dönüşüm oranı (%56,52) %75 genlik değerinde 4 saatlik bir reaksiyon sonucunda belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmadaki reaksiyon karışımının sıcaklığı, karışımın kaynama noktası olan 150±5°C olarak belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar, ayçiçeği ve aspir yağlarının doğrudan alkali izomerizasyonu yoluyla, farklı sıcaklıkların (150, 170, 180 ve 200 ° C) konvansiyonel ısıtıcının, LA'dan KLA'nın üretimi üzerindeki etkisi üzerine bir araştırma yürütmüştür (Niezgoda ve diğerleri, 2016). 150 ° C'de 12 saat boyunca izomerizasyon derecesinin yaklaşık % 40 olduğunu ve 200 ° C'de 2 saat sonra % 100 olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada, artan mikrodalga gücü ve ultrason genliği, LA'dan KLA'ya izomerizasyon derecesini arttırmıştır. Liu ve arkadaşlarının yaptığı (2017)

çalışmada solventsiz sistem ile KLA oluşumunun 24 saatte % 51,3 olduğu bildirilmiştir. Burada heterojen katalizli izomerizasyonun KLA bakımından zengin pamuk tohumu yağı üretmek için etkilerini değerlendirilmiştir. Öte yandan, KLA oluşumu, KLA üretimi için risinoleik asidin dehidrasyonu ile 8 saatte % 77 iken, geleneksel alkali izomerizasyonu için 4 saatte % 94 olmuştur (Yang vd., 2002). Yukarıda belirtilen çalışmalarda daha az miktarda (yaklaşık 1 g) saf LA veya LA bakımından zengin yağların kullanıldığına dikkat edilmelidir (aspir yağından 25 g saflaştırılmış LA).

Bu gözlem, LA'dan zengin başlangıçtaki LA ya da yağ miktarının, LA'nın KLA'ya dönüşümünü etkileyebileceğini göstermiştir. Bu durum için olası bir çözüm, reaksiyonda kullanılan katalizör konsantrasyonunu arttırmaktır.

KLA izomerlerinin kalitesi açısından, ultrason destekli alkali izomerizasyonu, istenmeyen izomerlerin içeriğinin düşük olması nedeniyle mikrodalga destekli alkali izomerizasyonundan daha iyi sonuçlar vermiştir.

BÖLÜM V

SONUÇLAR

Bu çalışmanın ilk bölümünde gerçekleştirilen LA'nın saflaştırılması aşamasında çözücünün polaritesinin artmasıyla tüm sıcaklıklarda kristalleşme daha yüksek oranlarda gerçekleşirken, sıvı fazın miktarının azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan petrol eter, izo-oktan ve hekzan gibi benzer polariteye sahip çözücüler kullanılarak farklı verimlerde ve farklı saflıkta LA eldesi sağlanmıştır. Bu durum çözücünün polaritesinin kristalizasyon işleminde en önemli etken olduğunu göstermiş olsada sadece polarite farklılığı ile açıklanamamıştır. Ancak çözücünün polaritesinin artması ile yağ asitlerinin ortamda daha az çözüldüğü anlaşılmaktadır. Öte yandan, nispeten yüksek polariteye sahip aseton ve apolar özellikli olan hekzan kullanımında yüksek saflıkta LA eldesi sağlanmıştır. Ancak son ürün verimi hekzan kullanımında yüksek, aseton kullanımında ise düşük bulunmuştur. Bu durum LA'nın saflaştırılmasında hekzanın oldukça etkin bir çözücü olduğunu göstermektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda LA saflaştırılmasında çözücü olarak hekzan (50 g/L) ve sıcaklık olarak -70°C kullanımının yüksek saflıkta ve yüksek verimde ürün eldesine uygun olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise mikrodalga gücü ve ultrason genliğinin KLA oluşumuna etkileri belirlenmiş olup bu anlamda literatürde bulunan ilk çalışmadır. Her iki teknik de yaklaşık olarak eşit miktarda c9-t11 ve t10- c12 KLA izomerleri üretilmiş olup optimize edilmiş koşullarda, mikrodalga destekli alkali izomerizasyonu, ultrason destekli alkali izomerizasyonu ile karşılaştırıldığında daha yüksek KLA dönüşüm derecesi ile sonuçlanmıştır. İstenmeyen KLA izomerlerinin içeriği, ultrason destekli alkali izomerizasyonunda daha düşük çıkmıştır. Yapılan bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda optimum katalizör konsantrasyonu ve başlangıç LA miktarını belirlemek için daha ileri çalışmalar gereklidir.

KAYNAKLAR

Adlof, R. O., " Application Of Silver-Ion Chromatography to the Separation Of Conjugated Linoleic Acid Isomers" , *In Advances In Conjugated Linoleic Acid Research*, Ed. Sebedio, J. L., Christie, W. W. and Adlof, R., AOCS Pres, Amerika, pp.37-51, 2003.

Armah-Agyeman, G., Loiland, J., Karow, R. and Hang, A.N., " Safflower ", *Oregon State University EM 8792*, 2002.

Asal Ulus, C. ve Gücükoğlu , A., "Konjuge Linoleik Asit ve Sağlık Açısından Önemi ", *Türk Tarım –Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* , 5(1):98-102, 2017.

Atakişi, İ., "Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı", *Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:148*, Tekirdağ, 1999.

Aydın, R., "Conjugated linoleic acid: chemical structure, sources and biological properties", *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 29(2), 189-195, 2005.

Babaoğlu, M., "Aspir, Tanımı ve Dünya Üzerinde Kullanımı " (erişim: www.ttae.gov.tr), 2008.

Babaoğlu, M., "Dünya'da ve Türkiye'de Aspir Bitkisinin Tarihi, Kullanım Alanları ve Önemi", http://www.ttae.gov.tr/yenisite/index.php?option=com_content&view=article&id=191%3Aduenyada-ve-tuerkiyede-aspir-bitkisinin-tarihi-kullanm-alanlar-ve-oenemi&catid=57%3Amaspir-soya&Itemid=74, (Erişim tarihi: 03.03.2012), 2006.

Bauman, D. E., Baumgard, L. H., Corl, B. A. and Griinari, J. M., " Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants", *Proceedings Of The American Society Of Animal Science*. <http://www.animal-science.org/content/77/E-Suppl/1.32.full.pdf> (Erişim tarihi:18.08.2013). 1999.

Bayramin, S. ve Kaya, D., "Aspir (Carthamus Tinctorius L.) Tarımı ", <http://www.tarlabitkileri.gov.tr/veri-bankasi/aspir-tarimi> (Erişim tarihi: 04.03.2012).2012.

Benito, P., Nelson, G. J., Kelley, D. S., Bartolini, G., Schmidt, P. C. and Simon, V., "The effect of conjugated linoleic acid on plasma lipoproteins and tissue fatty acid composition in humans", *Lipids* 36(3), 229-236, 2001.

Bergman, J.W., Flynn, C.R. and Johnson, R.C. " Evaluation of Safflower Accessions for Oil and Meal Quality Factors", *IVth International Safflower Conference Bari* , Italy, 232-234, 2-7 June ,1997.

Bessa, R. J. B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J. M. R. and Portugal, A. V., "Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers", *Livestock Production Science* 63(3), 201-211, 2000.

Bhattacharya, A., Banu, J., Rahman, M., Causey, J. and Fernandes, G., "Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease", *The Journal of Nutritional Biochemistry* 17(12), 789-810, 2006.

Bocheva, A., Mikhova, B., Taskova, R. and Mitova, M., "Antiinflammatory and Analgesic Effects of C", *lanatus Aerial Parts, Fitoterapia*, 74 (6):559-63, 2003.

Braeutigam, P., Franke, M., Schneider, R. J., Lehmann, A., Stolle, A. & Ondruschka, B., "Degradation of carbamazepine in environmentally relevant concentrations in water by Hydrodynamic-Acoustic-Cavitation (HAC) ", *Water Research*, 46, 2469-2477, 2012.

Brown, J.B., Stoner G.G., "Studies on the chemistry of the fatty acids. I. The purification of linoleic acid by crystallization methods", *Journal of the American Chemical Society*, 59, 3-6, 1937.

Campbell, W., Drake, M. A. and Larick, D. K. " The impact of fortification with conjugated linoleic acid on the quality of fluid milk", *J. Dairy Science*, Vol. 86, pp. 43-51, 2003.

Çelebi, Ş. ve Kaya, A., " Konjuge Linoleik Asitin Biyolojik Özellikleri ve Hayvansal Ürünlerde Miktarını Artırmaya Yönelik Bazı Çalışmalar" , *Hayvansal Üretim*, 49(1), 62-68, 2008.

Çelik, L., "Konjuge Linoleik Asidin Ruminatlarda Biyosentezi, Fizyoloji ve Lipid Metabolizması Üzerine Etkileri ", *Hayvansal Üretim*, 47(1), 1-7, 2006.

Chin, S. F., Liu, W., Storkson, J. M., Ha, Y. L. and Pariza, M. W., "Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens", *Journal of Food Composition And Analysis* 5(3), 185-197, 1992.

Christie, W. W., The analysis of fatty acids, In: Gas Chromatography and Lipids A Practical Guide, *The American Oil Chemists Society*, Scotland, 1989.

Clement IP, Belury, Keefe CL., "Conjugated linoleic acid: Recent advances in disease prevention and management ", *The American Dietetic Association's Food and Nutrition Conference and Exhibition*, USA, 2001.

Collomb, M., Schmid, A., Sieber, R., Wechsler, D. and Ryhänen, E. L., " Conjugated Linoleic Acids in Milk Fat: Variation and Physiological Effects, *International Dairy Journal*, 16(11), 1347- 1361, 2006.

Crumb, D.J., " Conjugated linoleic acid (CLA)-An overview ", *International Journal of Applied Research in Natural Products*, Vol, 4(3), 12-18, 2011.

Dajue, L.I., and Mundel, H.H., Safflower. (*Carthamus tinctorius* L.) Promiting The Conversation and Use of Under Utilized and Neglected Crops. 7. Institue of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / *International Plant Genetic Ressources Institute*, Rome, Italy, pp.83, 1993.

Demirok, E. ve Kolsarıcı, N., "Et ve Et Ürünlerinde Konjuge Linoleik Asit ve Önemi" , *Gıda*, 35(1); 71-77, 2010.

Fernandez-Martinez, J., " Update on safflower genetic improvement and germplasm resources". *IV th International Safflower Conference*, Bari, Italy, 187-195, 2-7 June, 1997.

Frankel, J. S., Stoneburner, W. and Brown, J. B., "Studies on the chemistry of the fatty acids. XI. the isolation of linoleic acid from vegetable oils by low temperature crystallization", *Journal of the American Chemical Society* 65(2), 259-262, 1943.

Fritsche, J. and Steinhart, H., "Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake", *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A* 206(2), 77-82, 1998.

Gnädiga, S., Rickertb, R., Sébédioa, J. L. and Steinhartb, H., " Conjugated linoleic acid (CLA): physiological effects and production", *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 103, 56-61.2001.

Grashorn, M. A, " Functionality of poultry meat" , *J. Appl. Poult. Res.*, Vol. 16, pp. 99-106, 2007.

Griinari, J. M., and Bauman, D. E., "Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants", *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research* 1(1), 180-200, 1999.

Gunstone, F.D., Mclaughlan, J., Scrimgeour, C.M., Watson, A.P., Improved procedures for the isolation of pure oleic, linoleic, and linolenic acids or their methyl esters from natural sources, *J. Sci. Fd. Agric.* 27, 675-680, 1976.

Hotta, Y., Nagatsu, A., Liu, W., Muto, T., Narumiya, C., Lu, X., Yajima, M., Ishikawa, N., Miyazeki, K. Kawai, N., Mizukami, H., and Sakakibara, J., " Protective Effects of Antioxidative Serotonin Derivatives Isolated from Safflower Against Postischemic Myocardial Dysfunction" , *Mol. Cell Biochem*, 238 (1-2): 151-62, 2002.

Huang, Y., Yanagita, T., Nagao, K. and Koba, K., " Biological effects of conjugated linoleic acid. Fatty acids in foods and their health implications. *3rd Edition*, pp. 825-831, 2008.

Ip C, Scimeca JA., " Opposing effects of cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid on blood lipids in healthy humans" . *Nutr. Cancer*. 24:241-247, 1995.

Ip, C., Chin, S. F., Scimeca, J. A. and Pariza, M. W., "Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid", *Cancer Research* 51(22), 6118-6124, 1991.

Jiazheng, L., " Planting regions of Safflower in Xinjiang and their ecological conditions" . *Proceeding Third International Safflower Conference, Beijing Botanical Garden Institute of Botany Chinese Academy of Sciences*, Beijing, China, 218-224, 14-18 June, 1993.

Ju, J. W., and Jung, M. Y., " Formation of Conjugated Linoleic Acids in Soybean Oil during Hydrogenation with a Nickel Catalyst As Affected by Sulfur Addition" , *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 3144-3149, 2001.

Keim, N. L., " Conjugated Linoleic Acid and Body Composition, in Advances in Conjugated Linoleic Acid Research" , (Ed. Sebedio, J. L., Christie, W. W. and Adlof, R.), *AOCS Press, Amerika*, 316-322, 2003.

Kelly, G. S., "Conjugated linoleic acid: a review", *Alternative Medicine Review* 6(4), 367-382, 2001.

Kepler, C. R., Hirons, K. P., McNeill, J. J. and Tove, S. B., "Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by butyrvibrio fibrisolvens", *Journal of Biological Chemistry* 241(6), 1350-1354, 1966.

Khanal, R. C. and Dhiman, T.R., " Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid (CLA): AReview" , *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(2), 72-81,2004.

Khanal, R.C. and Olson, K.C., " Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: A Review" , *Pakistan Journal of Nutrition*, 3 (2), 82-98, 2004.

Kim, Y. J. and Liu, R. H., "Selective increase in conjugated linoleic acid in milk fat by crystallization", *Journal of Food Science* 64(5), 792-795, 1999.

Kneusel, R.E., Schiltz, E. and Matern, U., " Molecular Characterization and Cloning of an Esterase Which Inactivates the Macrolide Toxin Brefeldin ", *J.Biol.Chem.*, 269 (5): 3449-56, 1994.

Kono, M., Iwamoto, M., Tomoyori, H., Kawamoto, D., Sato, M. and Imaizumi, K., "Differencial Effect of Walnut Oil and Safflower Oil on the Serum Cholesterol Level and Lesion Area in the Aortic Root of Apolipoprotein EDeficient Mice", *Biosci.Biotechnol.Biochem.*, 66(1): 141-146, 2002.

Kritchevsky, D., "Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid" . *Br. J. Nutr.*, Vol. 83, pp. 459-465, 2000.

Kurban, S. and Mehmetoğlu, İ., "Konjuge linoleik asit metabolizması ve fizyolojik etkileri", *Türk Klinik Biyokimya Dergisi* 4(2), 89-100, 2006.

Lee, K. N., Kritchevsky, D. and Parizaa, M. W., "Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits", *Atherosclerosis* 108(1), 19-25, 1994.

Lin, F., Wei, Y., Yang, X.Z., Li, F.G., Hu, J. and Cheng, R.F., " Hypotensive Effects of Safflower Yellow in Spontaneously Hypertensive Rats and Influence on Plasma Renin Activity and Angiotensin II Level ", *Yao Xue Xue Bao*, 27(10):785-7,1992.

Lin, H., Bolyston, T. D., Chang, M. J., Luedecke, L. O. and Shultz, T. D.," Survey of the Conjugated Linoleic Acid Contents of Dairy Products" , *Journal of Dairy Science*, 78(11), 2358-2365, 1995.

Lin, H., Bolyston, T. D., Luedecke, L. O. and Shultz, T. D., "Conjugated Linoleic Acid Content of Cheddar-type Cheeses as Affected by Processing" , *Journal of Food Science*, 64(5), 874-878, 1999.

Liu, S., Wang, Z., Xu, X., Ding, Y. and Guo, Z., "Production of conjugated linoleic acid-rich cottonseed oil by supported Ru catalyzed isomerization", *Industrial Crops and Products* 97, 10-20, 2017.

Lizhong, Y., " The study of new end medicinal oil of Safflower ", *Proceeding Third International Safflower Conferance, Beijing Botanical Garden Institute of Botany Chinese Academy of Sciences*, Beijing, China, 896, 14-18 June, 1993.

Ma, D. W. L., Wierzbicki, A. A., Field, C. J. and Clandinin, M. T., "Preparation of conjugated linoleic acid from safflower oil", *Journal of the American Oil Chemists Society* 76(6), 729-730, 1999.

McGuire, MA., McGuire, MK., Parodi, PW., Jensen, RG., "Advances in conjugated linoleic acid" , *Research*, 191:295- 306, 1999.

Muller, L.D. ve Delahoy, J.E., " Conjugated linoleic acid implications for animal production and human health, <http://www.das.psu.edu/dairy/dairy-nutrition/pdf-dairy-nutrition/das0488cla.pdf>, 2005.

Mundel, H. H., Morrison, R.J., Blackshaw, R.E. and Roth, B. (ed.) , "Safflower Production on the Canadian Crairies" , *Alberta Agric. Res. Inst., Edmonton*, AB, Canada,1992.

Nagaraj, G., " Nutritional characteristics of three Indian safflower cultivars ", *5th Int. Safflower Conf.*, USA, s:303, 23-27 Temmuz, 2001.

Niezgoda, N., Gliszczynska, A., Gladkowski, W., Chojnacka, A., Kielbowicz, G., and Wawrzenczyk, C., "Production of concentrates of CLA obtained from sunflower and safflower and their application to the lipase-catalyzed acidolysis of egg yolk phosphatidylcholine" *European journal of lipid science and technology*, 118,1566-1578, 2016.

Okamoto, K., Machida, M., Yamauchi, A. and Arimoto-Kabayashi, S., " Evaluation of Photo-Mutagenicity and Photo-Cytotoxicity of Food Coloring Agent" , *Mutagenesis*, 20(3), 229-233, 2005.

Oshea, M., Lawless, F., Stanton, C. and Devery, R., " Conjugated Linoleic Acid In Bovine Milk Fat: A Food-Based Approach To Cancer Chemoprevention ", *Trends In Food Science And Technology*, 9,192- 196, 1998.

Pariza, M. W., Park, Y. and Cook, M. E., "The biologically active isomers of conjugated linoleic acid", *Progress in Lipid Research* 40(4), 283-298, 2001.

Park, Y., Albright, K. J., Liu, W., Storkson, J. M., Cook, M. E. and Pariza, M. W., "Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice", *Lipids* 32(8), 853-858, 1997.

Rahamatalla, A. B., Babiker, E. E., Karishna, A.G., Tinay, El A.H., " Changes in fatty acids composition during seed growth and physicochemical characteristic of oil extracted from four safflower cultivars" , *Plant food for human nutrition*, 56:385-395, 2001.

Rainer, L., and Heiss, C. J., " Conjugated Linoleic Acid: Health Implications and Effects On Body Composition", *Journal of The American Dietetic Association*, 104(6), 963-968,2004.

Rao, R., and Ming-De, Z., " Safflower Genetic Resources- IBPGR Activities ", *Proceeding Third international Safflower Conference, Beijing Botanical Garden Institute of Botany Chinese Academy of Sciences*, Beijing, China. 246-249, 1993.

Ritzenthaler, KL., McGuire, MK., Falen, R., Shultz, TD., Dasgupta, N., McGuire, MA., "Estimation of conjugated linoleic acid Intake by written dietary assessment methodologies underestimates actual intake evaluated by food duplicate methodology", *J Nut*, 131,1548-1554, 2001.

Ryder, J. W., Portocarrero, C. P., Song, X. M., Cui, L., Yu, M., Combatsiaris, T., Galuska, D., Bauman, D. E., Barbano, D. M. and Charron, M. J., "Isomer-specific antidiabetic properties of conjugated linoleic acid: improved glucose tolerance, skeletal muscle insulin action, and UCP-2 gene expression", *Diabetes* 50(5), 1149-1157, 2001.

Şahin, N., Özçelik, B., Karaali, A., "Peynir Ürünlerinde Konjuge Linoleik Asit Miktarı Ve Sağlık Üzerine Etkileri" , *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, İzmir, s.29-34, 22-23 Mayıs 2003.

Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R. and Bee, G., "Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review", *Meat Science* 73(1), 29-41, 2006.

Sehat, N., Rickert, R., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G., Yurawecz, M. P., Roach, J. A., Adlof, R. O., Morehouse, K. M., Fritsche, J. and Eulitz, K. D., "Improved separation of conjugated fatty acid methyl esters by silver ion-high-performance liquid chromatography", *Lipids* 34(4), 407-413, 1999.

Shantha, NC., Decker, EA., Hennig, B., "Comparison of methylation methods for the quantification of conjugated linoleic acid isomers" , *J. Assoc Offic Anal Chem Int.*, 76, 644-649, 1993.

Shin, D., Kakani, G., Karimi, A., Cho, Y. M., Kim, S. W., Ko, Y. G., Shim, K. S. and Park, J. H., "Influence of dietary conjugated linoleic acid and its combination with flaxseed oil or fish oil on saturated fatty acid and n-3 to n-6 fatty acid ratio in broiler chicken meat" , *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, Vol. 24 (9), s. 1249-1255, 2011.

Silva-Ramiaz, A.S., Rocha-Uribe, A., Gonzalez-Chavez, M.M. & Gonzalez, C., "Synthesis of conjugated linoleic acid by microwave-assisted alkali isomerization using propylene glycol as solvent", *European journal of lipid science and technology*, 119,1600079, 2017.

Tokuşoğlu, Ö., Akalın, S. ve Gönç, S., "Kapiler Gaz Kromotografik yöntemle Peynirlerde Konjuge Linoleik Asit (CLA, C18:2; cis-9,trans-11; trans- 10, cis-12 Oktadekadienoik Asit) Miktarlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma" , *Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu*, İzmir, s.303-309, 22-23 Mayıs, 2003.

Turuni, M. E. ve Martin, J. C., " Sources, Functions and Analysis of Conjugated Linoleic Acid and Its Metabolites" , *in Structured and Modified Lipids*, (Ed. Gustavo F. D), Marcel Dekker Inc., New York, 251-278, 2001.

Vazquez, L., Akoh, C.C., " Concentration of stearido-nic acid in free fatty acid and fatty acid ethyl ester forms from modified soybean oil by winterization " , *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88, 1775-1785, 2011.

Wahle, K. W. J., Heys, S. D. and Rotondo, D., "Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health?", *Progress in Lipid Research* 43(6), 553-587, 2004.

Wang, YW., Jones, PJ., "Conjugated linoleic acid and obesity control: efficacy and mechanisms" , *Int. J Obes Relat Metab Disor*, 28, 941-955, 2004.

Watkins, B.A., Li, Y., " Conjugated Linoleic Acid: Nutrition And Biology" , *in Food Lipids Chemistry, Nutrition And Biotechnology*, p637-661, Eds. Akoh, C. C. and Min, D. B. Marcel Dekker, Inc., New York, 2002.

Wu, M., Ding, H., Wang, S. and Xu, S., "Optimizing conditions for the purification of linoleic acid from sunflower oil by urea complex fractionation", *Journal of the American Oil Chemists Society* 85(7), 677-684, 2008.

Yakar, Y., " Aspir Tohumu Katkılı Karma Yemle Beslemenin Piliç Eti ve Yumurtada Konjuge Linoleik Asit, Toplam Protein ve Kolesterol Miktarına Etkisi" , Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay, 2014.

Yang, L., Huang, Y., Wang, H. Q. and Chen, Z.-Y., "Production of conjugated linoleic acids through KOH-catalyzed dehydration of ricinoleic acid", *Chemistry and Physics of Lipids* 119(1), 23-31, 2002.

Yang, T.-S. and Liu, T.-T., "Optimization of production of conjugated linoleic acid from soybean oil", *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(16), 5079-5084, 2004.

Zhang, H.J., and Cheng, Y.Y., An HPLC/MS Method for Identifying Major Constituents in the Hypocholesterolemic Extracts of Chinese Medicine Formula ‘Xue-Fu-Zhu-Yu Decoction’. *Biomed. Chromatogr.* 20(8), 821-6, 2006.

Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C. and Sagredos, A., "CLA Content and Fatty Acid Composition of Greek Feta and Hard Cheeses", *Food Chemistry*, 78, 471-477, 2002.

URL-1 Babaoğlu, M., "Dünya'da ve Türkiye'de Aspir Bitkisinin Tarihi, Kullanım Alanları ve Önemi", http://www.ttae.gov.tr/yenisite/index.php?option=com_content&view=article&id=191%3Aduenyada-ve-tuerkiyede-aspir-bitkisinin-tarihi-kullanm-alanlar-ve-oenemi&catid=57%3Aamaspir-soya&Itemid=74, (Erişim tarihi: 03.03.2012), 2006.

ÖZ GEÇMİŞ

Fatma SALUR, 07.07.1989 tarihinde Aksaray ilinde dünyaya geldi. İlk ve ortaöğrenimini Aksaray'da tamamladı. 2011 yılında Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. Lisans eğitimini 2015 yılında tamamladı. 2017 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.



TEZ ÇALIŞMASINDAN ÜRETİLEN ESERLER

Bu tez çalışmasından, 2 (iki) adet uluslararası makale üretilmiştir. Bu üretilen çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Alaşalvar, H., Erinç, H., Salur, F. and Özbey, A., “Production of Conjugated Linoleic Acid by Microwave-Assisted and Ultrasound-Assisted Alkali Isomerization: Effects of Microwave Power and Ultrasound Amplitude”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, DOI: 10.1002/aocs.12228 (Baskıda), 2019.

Erinç, H., İşler, İ.H. ve Salur, F., “Linoleik Asidin Saflaştırılmasında Düşük Sıcaklık Kristalizasyon Yönteminin Etkinliği”. *Food and Health*, 5(1), 30-38. DOI: 10.3153/FH19004, 2019.

