ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRANS YAĞ ASİTLERİNİN HAMUR VE BİSKÜVİLERİN REOLOJİK VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Kübra ŞAHİN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2009

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TRANS YAĞ ASİTLERİNİN HAMUR VE BİSKÜVİLERİN REOLOJİK VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Kübra ŞAHİN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aziz TEKİN

Araştırma 2008-2009 yılları arasında A.Ü. Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yağ Teknolojisi laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Bu çalışmada trans yağ asitlerinin hamur ve bisküvilerin reolojik ve tekstürel özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla katı yağ oranları benzer, trans asit içerikleri farklı olan 3 farklı grup; 1 nolu grup %0-56 trans asitli, 2 nolu grup %0-44.4 trans asitli ve 3 nolu grup %1.8-35.1 trans asitli olmak üzere, yağ ile çalışılmıştır. Yağların mikroyapıları ve tekstürel özellikleri ölçüldükten sonra, bu yağların kullanımıyla hazırlanan hamur ve bisküvilerde dokusal ölçümler yapılmıştır.

Bulgular, kristalleşmenin başlangıcında trans asit miktarındaki artışın daha büyük kristal oluşumuna neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca yüksek trans yağ asidi içeren ürünlerin daha hızlı kristal oluşturdukları da belirlenmiştir. Tekstürel ölçümlerde ise yağlardaki trans asit artışının yağ örneklerinin sertliğinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Hamurlarda araştırılan özelliklerin tümü (kıvam, dokusal yapışıklık ve yapışkanlık) trans asit oranındaki artışa paralel olarak artış göstermiştir. Bisküvilerde ise kırılma stresi değerleri 1 ve 2 nolu grup için trans yağ içeriğinin artmasıyla artmış, Young's modülüz değerleri de her 3 gruptaki yağlarla hazırlanan bisküvilerde azalmıştır.

Ocak 2009, 93 sayfa

Anahtar Kelimeler: Hamur, bisküvi, trans yağ asidi, tekstür, reoloji

ABSTRACT

Master Thesis

THE ROLE OF TRANS FATTY ACIDS ON TEXTURAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DOUGHS AND BISCUITS

Kübra ŞAHİN

Ankara University
Graduate School of Naturel and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Aziz TEKİN

This research was conducted in Fats and Oils labs. of Food Engineering Dept., Faculty of Engineering, Ankara University, between 2008-2009.

In this study, the effects of trans fatty acids on textural and rheological properties of doughs and biscuits were investigated. Three different groups of fats which have similar solid fat content but different trans fatty acids percentages were prepared; 0-56% (first group), 0-44.4% (second group), 1.8-35.1% (third group). After the textural and microscopic analysis of fats, textural measurements of the doughs and biscuits that were produced using these fats were performed.

The results show that at the beginning of the crystallisation period, the increase of trans acids caused formation of bigger crystals. It was also determined that the products with higher content of trans fatty acids crystallized faster. In textural measurements indicated that the increasing of the trans acids caused decreases in the hardness of fat samples. All characteristics that were searched on doughs (consistency, cohesiveness and stickiness) increased with the trans fatty acids. Failure stress values of first and second groups of biscuits increased with the increasing of trans acids, though Young's modülüz values decreased for all three groups.

January 2009, 93 pages

Key Words: Dough, biscuit, trans fatty acid, texture, rheology

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım ve değerli hocam Sn. Prof. Dr. Aziz TEKİN'e (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği); bilimsel çalışmalarımın her aşamasında gerek yönlendirme, gerekse pratik çözümleriyle destek olan Sn. Dr. Behiç MERT'e (Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği); çalışmalarım boyunca bilgi ve destekleriyle her türlü kolaylığı gösteren Sn. Prof. Dr. Berrin ÖZKAYA (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği) ve Sn. Prof. Dr. Ali BAYRAK'a (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği), laboratuvar çalışmalarımdaki yardımlarından dolayı Dr. Melih ÇİZMECİ (Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu), Arş. Grv. Hakan ERİNÇ (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği), Yük. Müh. Aslı YORULMAZ (Balıkesir Üniversitesi Edremit Meslek Yüksekokulu Zeytin Endüstrisi Programı) ve Arş. Grv. Mustafa KIRALAN'a (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği); tüm Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü çalışanlarına ve beni destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, 106O298 numaralı ve ''Trans Yağ Asitlerinin Yağların Mikroyapısı ve Mekanik Özellikleriyle, Kullanıldığı Gıdaların Reolojik ve Duyusal Özelliklerine Etkisinin Araştırılması'' konulu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Kübra ŞAHİN
Ankara, Ocak 2009

İÇİNDEKİLER

ÖZET…….. i
ABSTRACT…… ii
TEŞEKKÜR…… iii
SİMGELER DİZİNİ…….. v
ŞEKİLLER DİZİNİ……... vi
ÇİZELGELER DİZİNİ……. ix
1. GİRİŞ…… 1
2. KURAMSAL TEMELLER…… 3
3. MATERYAL ve YÖNTEM…… 11
3.1 Materyal……..... 11
3.2 Yöntem……..... 11
3.2.1 Yağ örneklerinin hazırlanması…….. 11
3.2.1.1 Hidrojenasyon…….. 11
3.2.2 Yağ örnekleri analizleri…….. 12
3.2.2.1 Yağ asitleri ve izomerlerinin analizi……... 12
3.2.2.2 Katı yağ içeriği (SFC)……..... 12
3.2.2.3 İyot sayısı…….. 13
3.2.2.4 Yağların reolojik ve mekanik özellikleri……... 13
3.2.2.5 Yağların mikro yapısı……..... 14
3.2.3 Hamur ile ilgili dokusal ve reolojik ölçümler……... 14
3.2.4 Bisküvi ile ilgili testler……..... 15
3.2.4.1 Bisküvilik un analizleri…… 15
4. BULGULAR ve TARTIŞMA……..... 16
4.1 Yağ karışımlarının hazırlanması, yağ asitleri dağılımı ve iyot sayıları..... 16
4.2 Yağ örneklerine ait katı yağ oranları……... 21
4.3 Yağların reolojik ölçüm değerleri…… 23
4.4 Yağların mikro yapısına ait ölçüm değerleri…….. 45
4.5 Hamurlara ait dokusal ölçüm değerleri……... 79
4.6 Bisküvilik unun özellikleri…… 83
4.7 Bisküvilere ait dokusal ölçüm değerleri……... 85
5. SONUÇ……..... 89
KAYNAKLAR……. 90
ÖZGEÇMİŞ……. 93

SİMGELER DİZİNİ

BU	Brabender Unit
CLA	Konjuge linoleik asit
HDL	High-density lipoprotein
Hz	Hertz
LDL	Low-density lipoprotein
N	Newton
Pa	Paskal
rad	Radyan
μ	Mikro

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Bisküvi hamurunun sertliği üzerine sırasıyla, emülsifiye fırıncılık yağı, margarin, emülsifiye edilmemiş hidrojene yağ ve ayçiçek yağının etkisi……..... 8

Şekil 2.2 Bisküvilerin kırılma kuvveti üzerine sırasıyla, emülsifiye fırıncılık yağı, margarin, emülsifiye edilmemiş hidrojene yağ ve ayçiçek yağının etkisi……..... 9

Şekil 4.1 Değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranlarına sahip olan yağ örnekleri…… 21

Şekil 4.2 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 10 ˚C'daki gelişimi……..... 23

Şekil 4.3 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 10 ˚C'daki gelişimi……..... 24

Şekil 4.4 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 10 ˚C'daki frekans taraması……..... 25

Şekil 4.5 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 10 ˚C'daki frekans taraması……..... 26

Şekil 4.6 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki gelişimi……..... 27

Şekil 4.7 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki gelişimi……..... 28

Şekil 4.8 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki frekans taraması……..... 29

Şekil 4.9 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki frekans taraması……..... 30

Şekil 4.10 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 30 ˚C'daki gelişimi……... 31

Şekil 4.11 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 30 ˚C'daki gelişimi……... 32

Şekil 4.12 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 30 ˚C'daki frekans taraması……..... 33

Şekil 4.13 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 30 ˚C'daki frekans taraması……..... 34

Şekil 4.14 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki gelişimi……..... 35

Şekil 4.15 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 21˚C'daki gelişimi……..... 36
Şekil 4.16 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki frekans taraması……..... 37
Şekil 4.17 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki frekans taraması……..... 38
Şekil 4.18 3 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin 1 sn^{-1} kayma hızındaki viskozite değerlerinin 0 ˚C'daki gelişimi……..... 39
Şekil 4.19 3 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin 0 ˚C'daki akış eğrileri……... 40
Şekil 4.20 3 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin 10 ˚C'daki akış eğrileri…….. 41
Şekil 4.21 3 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin 21 ˚C'daki akış eğrileri …….. 42
Şekil 4.22 1 nolu gruba ait yağ örneklerinin 10 °C'daki kuvvet-zaman ölçümleri….. 43
Şekil 4.23 2 nolu gruba ait yağ örneklerinin 10 °C'daki kuvvet-zaman ölçümleri….. 44
Şekil 4.24 1 nolu gruptaki trans yağ asidi içermeyen yağ örneğinin 10 ˚C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler……..... 46
Şekil 4.25 Şekil 4.24'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri……..... 48
Şekil 4.26 Şekil 4.25'de verilen resimlerden elde edilmiş kristal sayısının zamana göre değişimi……... 50
Şekil 4.27 Şekil 4.25'de verilen resimlerden elde edilmiş kristal boyutunun zamana göre değişimi……..... 51
Şekil 4.28 1 nolu gruptaki %56 oranında trans yağ asidi içeren örneğin 10 ˚C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler……..... 52
Şekil 4.29 Şekil 4.28'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri……..... 53
Şekil 4.30 Şekil 4.29'da verilen resimlerden elde edilmiş kristal sayısının zamana göre değişimi……... 54
Şekil 4.31 Şekil 4.29'da verilen resimlerden elde edilmiş kristal boyutunun zamana göre değişimi……..... 55
Şekil 4.32 1 nolu gruba ait bütün yağların kristal sayısının zamana göre değişimi …. 56
Şekil 4.33 1 nolu gruba ait bütün yağların ortalama kristal boyutunun zamana göre değişimi……..... 57
Şekil 4.34 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğin 30 °C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler…… 58
Şekil 4.35 Şekil 4.34'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri……..... 60
Şekil 4.36 Şekil 4.35'de verilen resimlerden elde edilmiş kristal sayısının zamana göre değişimi……..... 62
Şekil 4.37 Şekil 4.35'de verilen resimlerden elde edilmiş ortalama kristal boyutunun zamana göre değişimi……..... 63

Şekil 4.38 2 nolu gruptaki trans yağ asidi içermeyen örneğin 30 °C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler……..... 64
Şekil 4.39 Şekil 4.38'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri……..... 66
Şekil 4.40 Şekil 4.39'da verilen resimlerden elde edilmiş kristal sayısının zamana göre değişimi……... 68
Şekil 4.41 Şekil 4.39'da verilen resimlerden elde edilmiş ortalama kristal boyutunun zamana göre değişimi…….. 69
Şekil 4.42 2 nolu gruba ait yağ örneklerinin tamamını gösteren kristal sayısının zamana göre değişimi…….. 70
Şekil 4.43 2 nolu gruba ait yağ örneklerinin tamamını gösteren ortalama kristal boyutunun zamana göre değişimi…… 71
Şekil 4.44 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait resim..... 72
Şekil 4.45 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait sadeleştirilmiş siyah beyaz resmin kutu sayma yöntemi için işlenmiş hali……... 72
Şekil 4.46 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait Şekil 4.45'de verilen her bir kutuya karşılık gelen kristalleri gösteren resimler…… 73
Şekil 4.47 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait Şekil 4.45'de verilen her bir kutuya karşılık gelen kristalleri gösteren sadeleştirilmiş resimler…… 74
Şekil 4.48 Şekil 4.47'de verilen resimlerdeki kristal sayısı ile kutuların kenar uzunlukları arasındaki ilişki……. 75
Şekil 4.49 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans asit içeren yağın 30 °C'da kristalleşmesi sırasındaki fraktal boyutunun gelişimi…….. 76
Şekil 4.50 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin fraktal boyut değerlerinin 30 ˚C'daki gelişimi…….. 77
Şekil 4.51 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin fraktal boyut değerlerinin 10 ˚C'daki gelişimi…….. 78
Şekil 4.52 Hamur örneklerinin dokusal özelliklerinin doku analizi cihazı ile ölçümü sırasında elde edilen tipik bir grafik…… 79
Şekil 4.53 1 nolu gruptaki yağlarla hazırlanan hamur örneklerine ait kuvvet-zaman grafikleri……..... 80
Şekil 4.54 2 nolu gruptaki yağlarla hazırlanmış hamur örneklerine ait kuvvet-zaman grafikleri……..... 81
Şekil 4.55 1, 2, 3 nolu gruptaki yağlar ve ticari yağlarla hazırlanmış hamur örneklerinin kıvamının yağlardaki trans yağ asidi yüzdesine göre değişimi……..... 82
Şekil 4.56 1, 2, 3 nolu gruptaki yağlar ve ticari yağlarla hazırlanmış hamur örneklerinin dokusal yapışıklık değerlerinin yağlardaki trans yağ asidi yüzdesine göre değişimi……... 83
Şekil 4.57 Bisküvilerin mekanik özelliklerini ölçme düzeneği……... 85
Şekil 4.58 Her 3 gruptaki örnekler ve ticari yağlarla hazırlanan bisküvilere ait Young's modülüz değerlerinin trans yağ miktarına göre değişimi……..... 86
Şekil 4.59 Her 3 gruptaki örnekler ve ticari yağlarla hazırlanan bisküvilere ait kırılma stresi değerlerinin trans yağ miktarına göre değişimi……. 87

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Yağ karışımlarının trans yağ asidi içeriklerine göre kodları……...	11
Çizelge 4.1	Soya, palm stearin ve palm yağının yağ asidi dağılımları ve iyot sayıları……...	16
Çizelge 4.2	1 nolu gruptaki yağların (stok hidrojene yağ ve palm yağı karışımlarının) yağ asidi dağılımları ve iyot sayıları……	18
Çizelge 4.3	2 nolu gruptaki örneklerin (stok hidrojene yağ ve POS-PO karışımlarının) yağ asidi dağılımları ve iyot sayıları……	19
Çizelge 4.4	3 nolu gruba ait yağ örneklerinin yağ asidi dağılımları ve iyot sayıları……...	20
Çizelge 4.5	3 nolu gruba ait yağ örneklerinin 0 ˚C'daki akış eğrileri için elde edilen kıvam indeksi ve akış indeksi değerleri……...	41
Çizelge 4.6	Bisküvilik unun bazı kimyasal, fizikokimyasal ve reolojik özellikleri……..	84

1. GİRİŞ

Yağ asitleri temelde doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak sınıflandırılmaktadır. Doymamış yağ asitlerinde görülen izomeri çeşitleri iki grupta toplanabilir. Bunlar; yerel ve geometrik izomeridir. Geometrik izomeri, çift bağların ucundaki karbon atomlarına bağlı hidrojen atomlarının konfigürasyonuna göre şekillenir; cis ve trans olmak üzere iki izomer oluşur. Hidrojen atomları karbon zincirinin aynı tarafında ise cis, aksi yönlerde ise trans izomerler ortaya çıkar.

Cis formu molekülde bükülmeye yol açarken, trans formu doymuş yağ asitlerinin düz zincirine benzer. Trans yağ asitlerinin çift bağ açısı daha küçük, açil zinciri daha doğrusaldır. Bu durum, farklı fiziksel özelliklere sahip (erime noktası ve termodinamik stabilitesi daha yüksek) daha sert bir molekül oluşumuna yol açmaktadır (Larque *et al*. 2001). Ayrıca trans formdaki yağ asitleri cis formdaki yağ asitlerine göre 25-30 °C gibi daha yüksek bir sıcaklık derecesinde ergirler. Bu nedenle, trans izomerlerin katı yağ veya margarin ve şortening gibi ürünlerde, ergime ve reolojik özellikler üzerine etkileri söz konusudur.

Trans yağ asitleri, özellikle kısmi hidrojenasyon sırasında oluşan ve kullanılan katalizör tipiyle reaksiyon koşulları tarafından etkilenen bir oluşumdur. Sağlık üzerine yaptıkları olumsuz etkileri nedeniyle, bu izomeri şeklinin gıdalarda azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanında, geviş getiren hayvanların sütlerinde ve yağlarında da az miktarda trans yağ asitleri bulunabilmektedir. Ancak bu ürünlerde bulunan trans izomeri çeşitleri daha çok trans-11-oktadesenoik asit (vaccenik asit) ve CLA yapısındadır.

Bazı doğal oluşumların yanında, özellikle hidrojenasyon tepkimeleri sırasında meydana gelen trans izomeri çeşitleri, genel olarak yağların kristallenme kinetiği ve yapısını değiştirmesi nedeniyle erime noktası, katı yağ indeksi ve reolojik özellikleri önemli oranlarda etkilemektedir. Bu nedenle, trans izomeri içeren gıda ürünlerinin mekanik ve organoleptik özellikleri içerikteki trans yağ asidi miktarıyla yakından ilgilidir. Diğer

taraftan, yağların kullanıldığı ürünlerin doku ve yapısı kullanılan yağ miktarının yanında, yağın bileşimi ile de yakından ilişkilidir. Trans izomeriler ürün sertliği ve kırılma kuvveti gibi fiziksel özellikler üzerine etkilidir.

Bisküvi ve hamuruna belirli reolojik özellikler kazandırmak için kullanılan yağlar, bu amaca yönelik olarak üretilmekte ve genellikle bileşimlerinde yüksek oranlarda trans asit bulunmaktadır. İnsan sağlığına yaptığı olumsuz etkileri açıkça ortaya konmuş olan bu bileşenlerin, bir taraftan da yağa sağladığı reolojik ve tekstürel özellikler söz konusudur. Çalışmanın amacı, trans asitler ile bisküvilerin tekstürel ve reolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırılmasıdır. Araştırmalar sadece son ürün ile sınırlı tutulmayıp hamur özellikleri de çalışma kapsamında incelenecektir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Yağların yapı taşı yağ asitleridir ve yağ asitlerinin çeşit ve miktarı yağların bütün özelliklerini belirlemektedir. Yağ asitlerini temelde doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak sınıflandırmak mümkündür. Doymamış yağ asitlerinde geometrik izomeri bunun yanında yerel izomeri görülmektedir. Yerel izomeri, molekül içinde çift bağların yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Geometrik izomeri ise, çift bağların ucundaki karbon atomlarına bağlı hidrojen atomlarının konfigürasyonuna göre şekillenmektedir. Buna göre hidrojen atomları karbon zincirinde aynı tarafta ise cis, aksi yönlerde ise trans izomerler ortaya çıkmaktadır.

Trans yağ asitlerinin oluşumunda biyohidrojenasyon, yüksek sıcaklık uygulamaları ve kısmi hidrojenasyon olmak üzere başlıca 3 yol vardır. Bu yöntemlerden biyohidrojenasyon, hayvanların rumen bölgelerinde rumen bakterileri tarafından gerçekleştirilmekte ve bu sayede süt ürünleri ile hayvansal ürünlerde yaklaşık %3-8 oranında toplam trans asit oluşmaktadır.

Trans asit oluşturan ikinci uygulama ise yüksek sıcaklık uygulamalarıdır. Yağ üretiminde iki tip yüksek sıcaklık uygulaması mevcuttur. Bunlardan biri deodorizasyon veya fiziksel rafinasyon işlemleridir. Rafinasyon tekniklerinde deodorizasyon/buhar destilasyonu aşamasında uygulanan sıcaklık derecesi ve süresi, basınç miktarı ve kullanılan buhar oranı trans yağ asidi oluşumunda önemli etkilere sahiptir (Wolff 1993, Kemeny *et al*. 2001). Deodorizasyon aşamasında trans oluşumu üzerine sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ve kritik sıcaklığın 240 °C olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda bu sıcaklıkta trans izomeri oluşumunun 2. saatten sonra hızlandığı tespit edilmiştir. Bir diğer yüksek sıcaklık uygulaması ise kızartma işlemidir. Kızartma işlemleri sırasında trans izomerlerinin oluşumuyla ilgili tartışmalar halen devam etmekle birlikte, yapılan bilimsel çalışmalarda, kızartma işlemi uygulanan gıdalarda bulunan trans yağ asitlerinin, kızartma işleminin kendisinden değil kızartmada kullanılan yağdan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Üçüncü ve en önemli trans asit kaynağı olan kısmi hidrojenasyonda ise sıvı yağların yapılarındaki doymamış yağ asitleri, uygun katalizörler eşliğinde hidrojenle doyurularak doymuş yapıya dönüştürülmektedir. Hidrojenasyon tekniğinin esasını oluşturan bu doyma tepkimeleri, sanayide sıvı yağlardan katı yemeklik yağların üretilmesinde kullanılmaktadır.

Hidrojenasyon sırasında oluşan tepkimelerden, yağın doymamış bileşenlerine hidrojenin bağlandığı doyma tepkimeleri, temel tepkime olarak kabul edilirken, izomer yağ asitlerinin oluştuğu tepkimeler, yan tepkimeler olarak adlandırılmaktadır (Kayahan 2003).

Hidrojenasyonda trans oluşumunu etkileyen genel değişkenler; sıcaklık, karıştırma derecesi, basınç, hidrojenin saflığı, katalizör çeşidi ve aktivitesiyle birlikte, reaktör dizaynı ve son olarak hammadde kaynağı ve kalitesidir (Schmidt 2000). Hidrojene yağlarda trans yağ asidi içeriği, hidrojenasyon metoduna bağlı olarak %5'ten %70'e kadar geniş bir aralıkta değişmektedir (Schwarz 2000).

Hidrojenasyon işleminde sıcaklığın artması hem tepkimenin seçiciliğini hem de trans yağ asitlerinin oluşumunu artırmaktadır (Gümüşkesen 1999, Kayahan 2002a). Bu işlemde ortamdaki hidrojen basıncı bir yandan tepkime hızı ve seçiciliğini diğer yandan da trans asitlerin oluşumunu etkilemektedir. Yüksek basınçta hidrojenin yağdaki çözünürlüğü arttığından tepkime hızı da artmakta ve dolayısıyla birim zamandaki doymamış bileşen miktarında hızlı bir düşüş meydana gelmektedir. Bunun sonucunda da oluşan trans yağ asidi miktarı azalmaktadır (Kayahan 2002b).

Hidrojenasyon sırasında yeterli karışma sağlanmazsa yağdaki hidrojen konsantrasyonu düşeceğinden katalizör yüzeyinde adsorbe edilen hidrojen miktarının azalması sonucu hidrojenasyon yetersizliğinden dolayı yağ molekülü katalizör yüzeyine hidrojen vermekte ve bu durum da daha fazla trans asit oluşturmaktadır (Gümüşkesen 1999).

Hidrojenasyon işlemlerinde kullanılan katalizör çeşidi de trans yağ asidi içeriği üzerine etkilidir. Örneğin selektif katalizörlerin daha yüksek trans asit oluşturduğu bilinmektedir. Buna karşın, kullanılan katalizör miktarının veya konsantrasyonunun trans izomer oluşumu üzerine etkisi yoktur. Yapılan çalışmalarda, aynı katalizörün farklı oranlarda kullanılmasının aynı iyot sayılarında aynı trans izomeri değerleri verdiği tespit edilmiştir (Çizmeci *vd*. 2005, 2006).

Bu faktörlerin dışında trans asit oluşumunda diyetin de önemli rolü vardır. Annenin diyeti, anne sütünün trans asit içeriğini etkileyen en önemli faktördür. Annenin tükettiği gıdalardan aldığı trans yağ miktarı ile anne sütünde oluşan trans asit miktarı arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur (Aitchison *et al*. 1977).

Hayvansal yağlarda doğal olarak meydana gelen trans yağ asitleri, ruminantların midesinde gerçekleşen biyohidrojenasyon sonucu oluşurken, esas olarak yağların katalitik hidrojenasyonuyla meydana gelmektedir. Günlük trans asit alımının %80-90'ını endüstriyel ölçekte işlem görmüş hidrojene yağların, %2-8'ini ise süt ürünlerinin oluşturması bunun bir göstergesidir (Kromer 1976, Mounts 1979, Larque *et al*. 2001).

Yapılan çalışmalar sonucunda, ülkemizde üretilen margarinler ve şorteningleri içeren gıdaların çoğunun trans yağ asidi içeriklerinin geçmiş yıllara göre oldukça azaltıldığı tespit edilmiştir (Kayahan ve Tekin 1994, Dağlıoğlu *vd*. 2000, Tekin *vd*. 2002, Arıcı *vd*. 2002, Dağlıoğlu *vd*. 2002, Çetin *vd*. 2003). Margarinlerin yanı sıra kısmi hidrojene yağ içeren kek, bisküvi, kurabiye, mayonez, cips, milföy hamuru, pizza, gofret vb. pek çok üründe de trans yağ asitleri bulunabilmektedir (Taşan ve Dağlıoğlu 2005). Ancak Ülkemizde son yıllarda yapılmakta olan çalışmalarla, gerek yağlarda, gerekse katı yağ kullanılan ürünlerde trans asit varlığı düşürülmüştür. Yasal düzenlemeyle de bu oranın %1 değerinin altına düşürülmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle margarin ve şortening içeren gıdaların gelecekte Türkiye'de trans yağ asidi alım kaynağı olmayacağı öngörülmektedir.

Trans asitlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin saptanması amacıyla yapılan çalışmalar, trans yağ asitleri ile koroner kalp hastalıkları arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Bu konuda yürütülen çalışmalarda, trans tekli doymamış yağ asitlerinin, doymuş yağ asitleri (palmitik, miristik, laurik asit) gibi LDL-kolesterol seviyesini arttırdığı saptanmıştır. Yine epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen veriler ise günlük trans yağ asidi alımı sonucu ortaya çıkan, enerjideki %2'lik bir artışın kardiyovasküler hastalık riskini önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir (Combe *et al*. 2007). Yüksek miktarda trans yağ asidi alımının koroner kalp hastalıklarının diğer risk faktörlerinden biri olan lipoprotein (a) konsantrasyonunda da artışa neden olduğu çalışmalarla belirlenmiştir (Hayakawa *et al*. 2000).

Yapılan araştırmalarda trans tekli doymamış yağ asidi alımı ile serum LDL ve HDL kolesterol konsantrasyonları arasında doza bağlı lineer bir ilişki olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak trans yağ asidi tüketimi doymuş yağ asidi tüketiminden daha fazla risklidir. Çünkü trans yağ asitleri doymuş yağ asitlerinin yaptığı gibi yalnızca LDL-kolesterol seviyesini arttırmakla kalmıyor aynı zamanda HDL-kolesterol seviyesini de düşürüyor (Combe *et al*. 2007). Tüm bu etkilerinin yanı sıra trans yağ asitlerinin elzem yağ asitlerinin metabolizmasını etkilediği de düşünülmektedir (Chardigny *et al*. 2007).

Trans izomer oluşumu, beslenme açısından istenmeyen ancak teknolojik açıdan istenen bir oluşumdur. Çünkü trans yağ asitleri yapılarında yer aldıkları ürünlerin fiziksel ve duyusal özelliklerini etkilemekte olup, tüketicilerin alışkın olduğu tat ve lezzetin sağlanmasında etkilidirler. Bu nedenle Graef *et al*. (2007) tarafından yürütülen bir çalışmada, palm bazlı endüstriyel yağlar ve trans yağların kristalizasyon davranışları üzerine etkileri kıyaslanmıştır. Bu amaçla biri trans içeren, diğeri ise trans içermeyen ve her birinde 3 çeşit yağ bulunan 2 serinin izotermal kristalizasyon davranışları incelenmiştir. Sonuçlar, trans içermeyen bütün örneklerin 10 °C'daki kristalizasyonunun iki aşamada gerçekleştiğini ve trans içeren yağların ise tek bir aşamada kristalize olduklarını göstermiştir. Ayrıca trans içeren serideki yağların kristalizasyon hızının içermeyenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

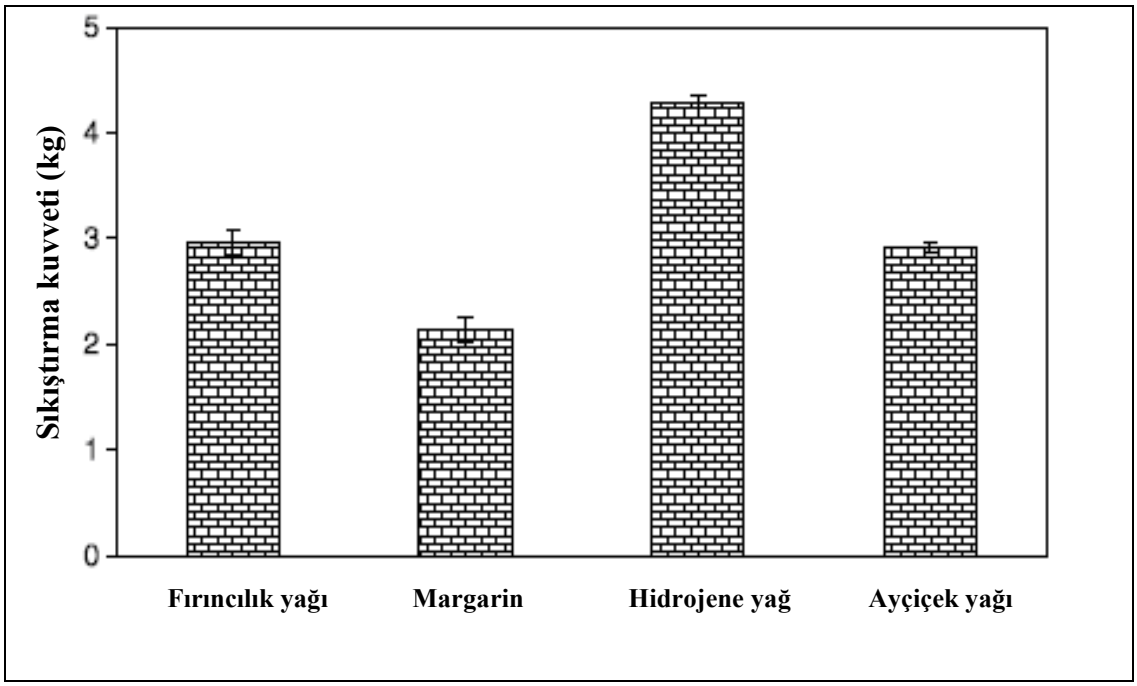
Trans içeren ve içermeyen endüstriyel yağlarla yapılan diğer bir çalışmada ise, trans içerenlerin, trans içermeyen yağlarla karşılaştırıldığında daha hızlı kristalize oldukları saptanmıştır. Yine aynı çalışmada, trans içermeyenlerin kristalizasyon davranışlarının daha kompleks olduğu ve farklı polimorfik yapılar oluşturdukları belirlenmiştir (Vereecken *et al*. 2007).

Yağ, bisküvi üretiminde şeker ve undan sonra miktarca en fazla kullanılan temel ingredientlerden biridir (Manohar and Rao 1999). Hamura ilave edilen yağın çeşit ve miktarının viskoelastik özellikler üzerine önemli etkileri vardır (Baltsavias *et al*. 1997). Örneğin yüksek yağlı hamurlarda yağ miktarındaki artış hamurun kıvamı üzerinde yumuşatıcı bir etkiye sahiptir (Miller 1985).

Yağ çeşit ve miktarının bisküvi hamurunun reolojik özellikleri ve bisküvi kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; sıvı yağ, hidrojene yağ ve fırıncılık şorteningi olmak üzere 3 farklı yağ ile çalışılmıştır. Buna göre yağ içeriğinin 150 g/kg'dan 250 g/kg'a çıkarılması halinde hamurun yumuşadığı görülmüştür. Bu çalışmada, en katı hamurun hidrojene yağ kullanılarak yapılan hamur olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, hidrojene yağ ya da sıvı yağ ile yapılan bisküvilerin daha kalın oldukları tespit edilmiştir. Yine bu çalışmada, fırıncılık şorteningi ile yapılan bisküvilerin ise gevrekliklerinin ve dış yüzey özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir (Manohar and Rao 1999).

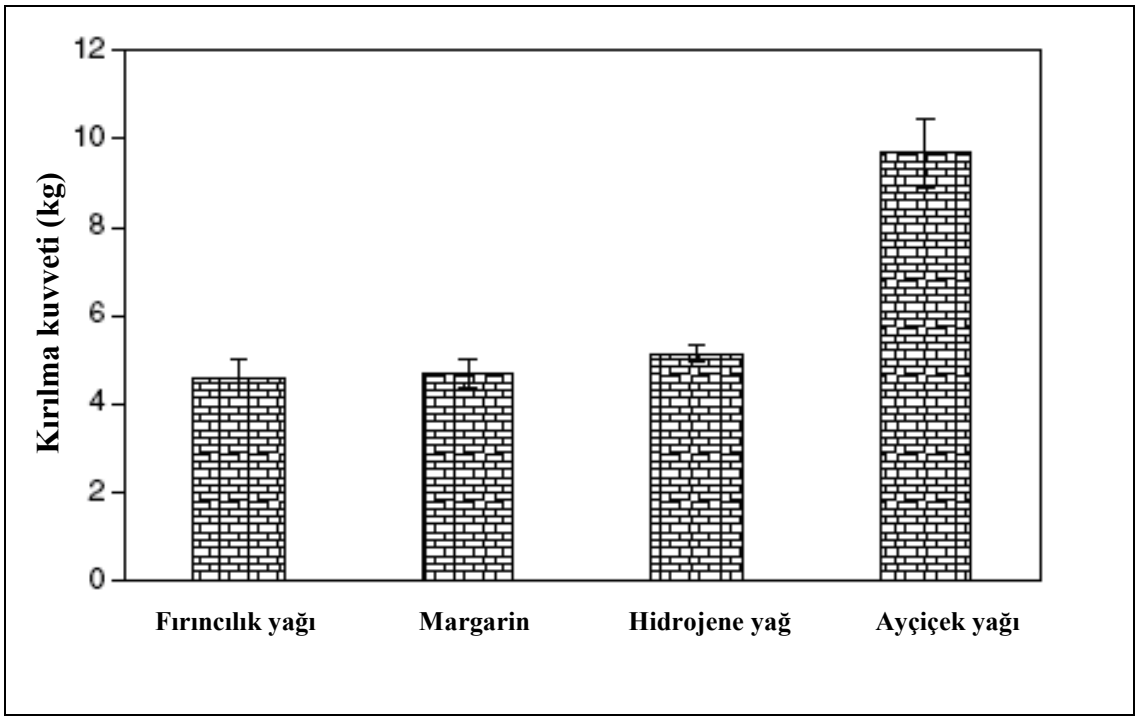
Jacob and Leelavathi (2007) tarafından yürütülen çalışmada 4 farklı yağ çeşidinin bisküvi hamurunun reolojisi ve ayrıca bisküvilerin kalitesi üzerine etkisi araştırılmış ve materyal olarak; margarin, emülsifiye edilmemiş hidrojene yağ, emülsifiye fırıncılık yağı ve ayçiçek yağı seçilmiştir. Sonuçlar hidrojene yağ kullanılarak yapılan hamurun en sert hamur olduğunu ve bu hamuru sıkıştırmak için gereken kuvvetin diğerleri için gerekli olan sıkıştırma kuvvetinden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Yine aynı çalışmada en yumuşak hamurun margarinle yapılan hamur olduğu belirlenmiştir. Fırıncılık yağı ve ayçiçek yağı içeren hamurların ise tekstürel özelliklerinin benzer

olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.1'de 4 farklı yağ ile hazırlanan bisküvi hamurlarını sıkıştırmak için gerekli kuvvetler sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Bisküvi hamurunun sertliği üzerine sırasıyla, emülsifiye fırıncılık yağı, margarin, emülsifiye edilmemiş hidrojene yağ ve ayçiçek yağının etkisi (Jacob and Leelavathi 2007)

Bisküvilerin kırılma kuvveti değerleri incelendiğinde ise en sert tekstüre sahip olanların sıvı yağ ile yapılanlar olduğu görülmüştür. Diğer 3 yağ ile hazırlanan bisküvilerin kırılma kuvvetlerinin birbirinden çok farklı olmadığı bildirilmiştir. Şekil 2.2'de de bisküvilerin kırılma kuvveti üzerine söz konusu 4 yağ çeşidinin etkisi görülmektedir.



Şekil 2.2 Bisküvilerin kırılma kuvveti üzerine sırasıyla emülsifiye fırıncılık yağı, margarin, emülsifiye edilmemiş hidrojene yağ ve ayçiçek yağının etkisi (Jacob and Leelavathi 2007)

İçerdikleri trans asit miktarı gıdaların mekanik ve duyusal özellikleri üzerinde önemli ölçüde etkilidir. Trans yağ asitleri özellikle hidrojene yağların (fırıncılık yağı, margarin vb.) fazla kullanıldığı ürünlerde bulunabilmektedir. Hidrojene yağlarda bisküvi sanayi için çok önemli bir hammaddedir. Genel olarak bisküvi tipi ürünlerde kullanılan hidrojene yağların işlevleri:

- Yumuşak bir yeme hissi vermek,
- Çiğneme sırasında ağızda oluşacak kuruluk hissini önlemek,
- Kolay bir paketleme için ürünün istenilen boyutlarda kalmasına katkıda bulunmak,
- Ürün içinde oluşan CO_2'nin daha iyi muhafazasını ve difüzlenmesini sağlamak,
- Pişme sırasında ısı transferini kolaylaştırmak

olarak sıralanabilir (Abboud *et al*. 1985, Slade and Levine 1994, Baltsavias *et al*. 1999, Manohar and Rao 1999, Smith and Johanssin 2004).

Günümüzde trans asit içeriği sıfır olabilen katı yağlar değişik yöntemler kullanılarak üretilebilmektedir (Berger and Indris 2005). Ancak yağlardaki trans asitlerin uzaklaştırılması sağlık açısından olumlu bir gelişme olsa da, bu yağları içeren ürünlerin gerek fiziksel gerekse duyusal özellikleri değişeceğinden, üreticilerin trans asitlerin eksikliğinden kaynaklanan söz konusu değişiklikleri en aza indirecek alternatifler üretmesi gerekmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Ülker Gıda San. ve Tic. A.Ş.'den sağlanan un, Unilever ve Eryağ A.Ş.'den sağlanan palm ve palm sterain ile soya yağının hidrojenasyonuyla elde edilen ve farklı oranlarda trans asit içeren kısmi hidrojene yağlar materyal olarak kullanılmıştır. Ayrıca aynı firmalardan temin edilen ticari bisküvilik yağlar da kontrol amacıyla denenmiştir.

Materyal olarak kullanılan yağ karışımlarının içerdikleri trans yağ asidi miktarlarına göre yapılan kodlama Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Yağ karışımlarının trans yağ asidi içeriklerine göre kodları

Kod	Trans asit miktarı (%)
Grup No 1	0-56.0
Grup No 2	0-44.4
Grup No 3	1.8-35.1

3.2 Yöntem

3.2.1 Yağ örneklerinin hazırlanması

3.2.1.1 Hidrojenasyon

Hidrojenasyon tepkimeleri, Çizmeci *vd*. (2005)'nin önerdiği ve birimimizde geliştirilen yönteme göre yapılmış ve reaksiyonlarda seçici bir katalizör olan Nysosel 810 kullanılmıştır. Tepkimeler, dört litrelik Snap-Tite (Autoclave Engineers, Pennsylvania, USA) reaktöründe 165±0.5 ˚C sıcaklıkta, 2±0.04 bar H_2 basıncında ve 500±3

devir/dakika karıştırma hızında gerçekleştirilmiştir. %56 trans asit içeren yağın hazırlanmasında kullanılan katalizör konsantrasyonu 2000 ppm iken, %61.59 trans yağ asidi içeren yağ ile sıvı örneklerin hazırlanmasında ise 1000 ppm düzeyinde katalizör kullanılmıştır.

3.2.2 Yağ örnekleri analizleri

3.2.2.1 Yağ asitleri ve izomerlerinin analizi

Yağ asitleri ve izomerlerinin analizi, AOCS Official Method Ce 1-62 (Anonymous 1989a)'ye göre yapılmıştır. Örnekler esterleştirildikten sonra aşağıda çalışma koşulları verilen gaz kromatografisi cihazına enjekte edilmiş ve sonuçlar % olarak verilmiştir.

Gaz kromatografisi : Shimadzu GC-2010
Detektör : FID (Flame Ionization Detector)
Kolon : DB-23 kapiler kolon (Agilent J&W) uzunluk 60 m, iç çap 0.25 mm, film kalınlığı 0.25 µm
Taşıyıcı gaz : He (0.3 mL/dakika)
Split oranı : 1:80
Enjeksiyon miktarı : 1 µL
Sıcaklıklar
Enjeksiyon bloğu : 230 °C
Kolon : 190 °C
Detektör : 240 °C

3.2.2.2 Katı yağ içeriği (SFC)

AOCS Official Method Cd 16b-93 (Anonymous 1989b)'e göre yapılmış ve yağ örneklerinin katı yağ oranı değerleri Maran SFC (Resonance Instrument Ltd., Witney,

UK) nükleer magnetik rezonans cihazı kullanılarak, 0, 10, 21.1, 33.3 ve 40.6 °C sıcaklıklarda ve 20 MHz'lik sabit frekansta ölçülmüştür.

3.2.2.3 İyot sayısı

AOCS Official Method Cd 1c-85 (Anonymous 1989c)'e göre, gaz kromatografisinde belirlenen yağ asidi dağılımından hesaplanmıştır. İyot sayısının hesaplanmasında (%16:1x0.9976)+(%18:1x0.8986)+(%18:2x1.810)+(%18:3x2.735)+(%20:1x0.8175)+ (%22:1x0.7497) formülü kullanılmıştır.

3.2.2.4 Yağların reolojik ve mekanik özellikleri

Yağ örneklerinin elastik ve viskoz modüzleri (*G´* ve *G´´*) frekans tarama yöntemiyle belirlenmiş ve özellikle *G´*, sertlik ve katı yağ oranı değerleri arasındaki ilişkiler modellenmiştir (Bell *et al*. 2007). Bu deneyde ince bir tabaka (2 mm) halindeki yağ örneğinin sıcaklığı, reometrenin (TA.AR 2000 EX, USA) sıcaklık kontrolü sayesinde 80 °C'a çıkarılmış ve yağın tamamen erimesi sağlanmıştır. Daha sonra sıcaklık hızlı bir şekilde 10 °C'a düşürülmüş ve yağ örneklerinin kristal oluşturması viskoelastik özelliklerin ölçülmesi ile yaklaşık 3 saat boyunca izlenmiştir. Ölçümler 0,5-10 Hz arasında %0,02 gerilim oranında gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde hazırlanan yağ örneklerinin tekstürel özellikleri doku analizi cihazı (TA.XTplus Texture Analyser, England) kullanılarak da ölçülmüştür. Ölçüm sırasında 45 derecelik eğime sahip huni şeklindeki prob doku analizi cihazına bağlanmış ve bu probun sabit bir hızla yağ örneğine penetre etmesi suretiyle yağların sertliği (hardness) 10 °C'da ölçülmüştür. Bu ölçüm öncesi tamamen eritilmiş yağ örnekleri petri kaplarına belirli miktarlarda doldurulmuş ve buzdolabı sıcaklığında 48 saat bekletilmişlerdir.

3.2.2.5 Yağların mikro yapısı

Değişik miktarda trans yağ asidi içeren yağ örneklerinin kristal yapısı polarize ışık mikroskobu (Leica DM 3000, Germany) ve imaj analizi yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. İmaj analizi programı içerisinde bulunacak eşik değeri (threshold) belirleme algoritmleri ile kristal boyutları detayları Narine and Marangoni (1999) tarafından verilen fraktal analizi yöntemiyle araştırılmıştır. Bu deneyde örnek hazırlama işlemi sırasında ilk önce, yağ örnekleri 80 °C'da 15 dakika bekletilmiş ve böylece örneklerin kristal yapıları tamamen sıfırlanmıştır. Daha sonra 5 μL'lik örnekler 80 °C'daki lamlar üzerine mikro pipet yardımıyla yerleştirilmiş ve 80 °C'da en az 5 dakika daha bekletilerek sıvı yağ örneklerinin lam ve lamel arasında düzgün bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Hazırlanan lamlar yine 80 °C'a ısıtılmış olan sıcaklık kontrollü mikroskop düzeneğine yerleştirilmiş ve daha sonra ölçümler yapılmıştır.

3.2.3 Hamur ile ilgili dokusal ve reolojik ölçümler

Hamurların yapışkanlık, dokusal yapışıklık ve kıvam özelliklerinin ölçümü doku analizi cihazı kullanılarak yapılmıştır. Hamur örnekleri birimimizde hazırlanan yağlar ve Ülker Gıda San. ve Tic. A. Ş.'den temin edilen ve sadece bisküvi yapımında kullanılmak üzere üretilmiş olan malzemelerle *AACC Method No 10.54 Baking Quality of Cookie Flour- Micro Wire Cut Formulation (1990)* metoduna göre hazırlanmıştır. Hazırlanan hamur örnekleri 10 mm kalınlığa inceltildikten sonra 38 mm çapa sahip diskler halinde kesilmiş ve doku analizi cihazının platformuna yerleştirilmiştir. Bunu takiben ilk olarak hamur örneği üst taraftan başka bir 100 mm çapa sahip plaka yardımı ile %50 oranında sıkıştırılmış, daha sonra üst plaka 10 mm yüksekliğe geri dönmüştür. Son olarak aynı düzenek hamur örneğini ikinci kez %50 oranında sıkıştırmıştır. Hamurların yapışkanlığının ölçümü için Hoseney and Smewing (1999) tarafından açıklanan metot kullanılmıştır. Hamurların dokusal yapışıklık ve kıvamı için ise Manohar and Rao (2002) tarafından detayları verilen ölçümler doku analizi cihazı ile yapılmıştır.

3.2.4 Bisküvi ile ilgili testler

Bisküvi pişirme işlemi, *AACC Method No 10.54 Baking Quality of Cookie Flour- Micro Wire Cut Formulation (1990)* ve Charun *et al*. (2000) tarafından yapılan çalışmada verilen formüle göre yapılmıştır. 60x80x7 mm boyutlarında şekillendirilen hamur örnekleri 205 °C'da 11 dakika pişirilmiş ve 24 saat dinlendirildikten sonra tekstürel ölçümler yapılmıştır. Bisküvilerin mekanik özellikleri Young's modülüz (E) ve kırılma stresi (σ) özellikleri bakımından üç noktada eğilme tekniği ile ölçülmüştür. Bu test sırasında elde edilen kuvvet-zaman grafikleri kullanılarak söz konusu özellikler belirlenmiştir (Saleem 2005).

3.2.4.1 Bisküvilik un analizleri

Bisküvilik unda rutubet miktarı ICC Standard Method No: 110/1 (ICC 2002)'e, kül miktarı ICC Standard Method No: 104/1 (ICC 2002)'e, protein miktarı AACC Standard Method No: 46-12 (AACC 2000)'ye, yaş gluten miktarı ICC Standard Method No: 106/2 (ICC 2002)'ye, kuru gluten miktarı Özkaya ve Özkaya (2005)'ya, farinogram değerleri ICC Standard Method No: 115/1 (ICC 2002)'e göre yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Yağ karışımlarının hazırlanması, yağ asitleri dağılımı ve iyot sayıları

Trans yağ asitlerinin yağların ve bu yağları içeren ürünlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması amacıyla yürütülen bu çalışmada öncelikle soya yağı hidrojene edilerek stok yağlar hazırlanmıştır. Daha sonra bu yağlar palm stearin (POS) ve palm yağı (PO) gibi trans asit içermeyen yağlarla paçallanarak katı yağ oranları benzer, trans asit içerikleri farklı olan yağlar hazırlanmıştır. Çizelge 4.1'de soya, palm stearin ve palm yağına ait yağ asidi dağılımları verilmiştir.

Çizelge 4.1 Soya, palm stearin ve palm yağının yağ asidi dağılımları ve iyot sayıları

Yağ asitleri	**Konsantrasyon (%)**		
	Soya	**Palm stearin**	**Palm**
6:0	-	0.01	-
8:0	-	0.01	0.02
10:0	-	-	0.02
11:0	-	0.13	-
12:0	-	-	0.27
14:0	0.13	1.27	1.01
15:0	0.03	0.06	0.04
15:1	0.05	-	-
16:0	13.02	64.88	42.09
16:1	0.09	0.11	0.19
17:0	0.12	0.12	0.09
17:1	0.06	0.01	0.02
18:0	4.16	4.99	4.16
18:1t	-	-	0.05
18:1	21.46	22.91	41.28
18:2t	0.15	0.04	0.09
18:2	52.90	4.99	10.34
18:3t	0.18	-	0.01
18:3	6.92	0.07	0.20
20:0	0.29	0.34	-
20:1	0.12	0.06	0.13
20:5	0.33	-	-
İyot sayısı	134.9	30.0	56.9

Kontrol amacıyla denenecek olan Ülker ve Eryağ'a ait toplam trans yağ asidi içerikleri sırasıyla %1.00 ve %0.32'dir. Bunun yanında her iki yağda da palmitik asit (16:0) ve oleik asit (18:1) diğer yağ asitlerine oranla miktarca en fazla bulunan yağ asitleridir. Bunlardan 16:0 yaklaşık %45-47 arasında değişen oranlarda, 18:1 ise yaklaşık %37 oranında bulunmuştur. Yağların yapısında yaklaşık %9 oranında bulunan linoleik asit (18:2) de 3. sırayı almaktadır.

Soya yağının hidrojenasyonuyla elde edilen ilk stok yağın trans yağ asidi içeriği ise %56 olarak hesaplanmıştır. Bu yağın hazırlanışına ilişkin hidrojenasyon koşulları 'Yöntem' bölümünde 'Hidrojenasyon' başlığı altında verilmiştir. %56 trans asitli bu yağın katı yağ oranı değerleri palm yağına benzediği için, bu iki yağ, karışımdaki palm oranı %0, 20, 40, 60, 80 ve 100 olacak şekilde karıştırılarak katı yağ oranları benzer fakat trans yağ oranları farklı, %56, 44.8, 33.6, 22.4, 11.2 ve 0 translı olmak üzere, altı değişik örnek hazırlanmıştır. Burada katı yağ oranı değerlerinin benzer olmasının istenmesinin nedeni, örneklerin araştırılan özelliklerindeki değişikliklerin yalnızca trans asit içeriğindeki değişimden kaynaklanmasının sağlanmak istenmesidir. Daha sonra 6 adet yağdan oluşan bu seri 1 nolu grup olarak kodlanarak, serideki yağların her birinde tekstürel ve reolojik ölçümler yapılmıştır. Her bir örneğin yağ asidi bileşimleri ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 1 nolu gruptaki yağların (stok hidrojene yağ ve palm yağı karışımlarının) yağ asidi dağılımları ve iyot sayıları

Yağ asitleri	Konsantrasyon (%)					
	% 0 Palm (Stok hidrojene yağ)	%20 Palm	%40 Palm	%60 Palm	%80 Palm	%100 Palm
8:0	-	-	-	0.01	0.02	0.02
10:0	-	-	-	0.01	0.02	0.02
12:0	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.27
14:0	0.09	0.07	0.05	0.04	0.02	1.01
15:0	0.01	0.01	0.01	-	-	0.04
16:0	11.23	8.98	6.74	4.49	2.25	42.09
16:1	0.10	0.08	0.06	0.04	0.02	0.19
17:0	0.09	0.07	0.05	0.04	0.02	0.09
17:1	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02
18:0	6.52	5.22	3.91	2.61	1.30	4.16
18:1t	30.87	24.70	18.52	12.35	6.17	0.05
18:1	23.20	18.56	13.92	9.28	4.64	41.28
18:2t	24.99	19.99	14.99	10.00	5.00	0.09
18:2	0.28	0.22	0.17	0.11	0.06	10.34
18:3t	0.37	0.30	0.22	0.15	0.07	0.01
18:3	0.02	0.02	0.01	0.01	-	0.20
20:0	0.45	0.36	0.27	0.18	0.09	-
20:1	-	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13
İyot sayısı	95.5	76.4	57.3	38.3	19.2	56.9

Çalışmanın ikinci aşamasında Nysosel 810'dan 1000 ppm düzeyinde kullanılarak tepkime süresi 150 dakika olan başka bir stok yağ hazırlanmıştır. Bu yağın toplam trans asit içeriği gaz kromatografisinde %61.59 olarak belirlenmiştir. Burada da hazırlanan stok yağın katı yağ oranını, %70 oranında palm stearin ve %30 oranında da palm yağı kullanılarak elde edilen ve trans asit içermeyen karışımınkine benzetmek için %80 hidrojene yağ ve %20 tam hidrojene yağ içeren karışım stok yağ gibi düşünülerek %10 oranında soya yağı ile paçallanmıştır. Daha sonra bu karışımın toplam trans asit içeriği yağ asidi dağılımından %44.4 olarak hesaplanmıştır. Katı yağ oranları birbirine benzeyen biri trans asitli diğeri ise trans asitsiz iki stok yağ elde edildikten sonra, trans asit içeriği farklı paçallar hazırlamak üzere, %70 oranında palm stearin ve %30 oranında palm yağı içeren paçalla %80 hidrojene yağ, %20 tam hidrojene yağ ve %10 soya yağı kullanılarak hazırlanan paçal, karışımdaki palm stearin-palm yağı oranı %0, 20, 40, 60, 80, 100 olacak şekilde karıştırılmıştır. Çizelge 4.3'de de bu yağların yağ asidi

dağılımları yer almaktadır. Burada stok hidrojene yağ olarak verilen yağın bileşiminde, %80 oranında hidrojene yağ, %20 oranında tam hidrojene yağ ve %10 oranında da soya yağı bulunmaktadır. Bu seri de 2 nolu grup olarak kodlanmış ve ilk seri için yapılan analizlerin tümü bu gruptaki yağlara da uygulanmıştır.

Çizelge 4.3 2 nolu gruptaki örneklerin (stok hidrojene yağ ve POS-PO karışımlarının) yağ asidi dağılımları ve iyot sayıları

Yağ asitleri	**Konsantrasyon (%)**					
	%0 POS-PO (Stok hidrojene yağ)	**% 20 POS-PO**	**% 40 POS-PO**	**% 60 POS-PO**	**% 80 POS-PO**	**%100 POS-PO**
11:0	-	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09
12:0	-	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08
14:0	-	0.24	0.48	0.71	0.95	1.19
15:0	-	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
16:0	8.02	6.42	4.81	3.21	1.60	58.05
16:1	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.14
17:0	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.11
18:0	5.58	4.46	3.35	2.23	1.12	4.74
18:1t	30.99	24.79	18.59	12.40	6.20	0.02
18:1	12.51	10.01	7.51	5.00	2.50	28.42
18:2t	13.20	10.56	7.92	5.28	2.64	0.06
18:2	0.79	0.63	0.47	0.32	0.16	6.59
18:3t	0.16	0.13	0.10	0.06	0.03	-
18:3	0.27	0.22	0.16	0.11	0.05	0.11
20:0	0.29	0.23	0.17	0.12	0.06	0.24
20:1	-	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08
İyot sayısı	65.7	52.6	39.4	26.3	13.2	38.1

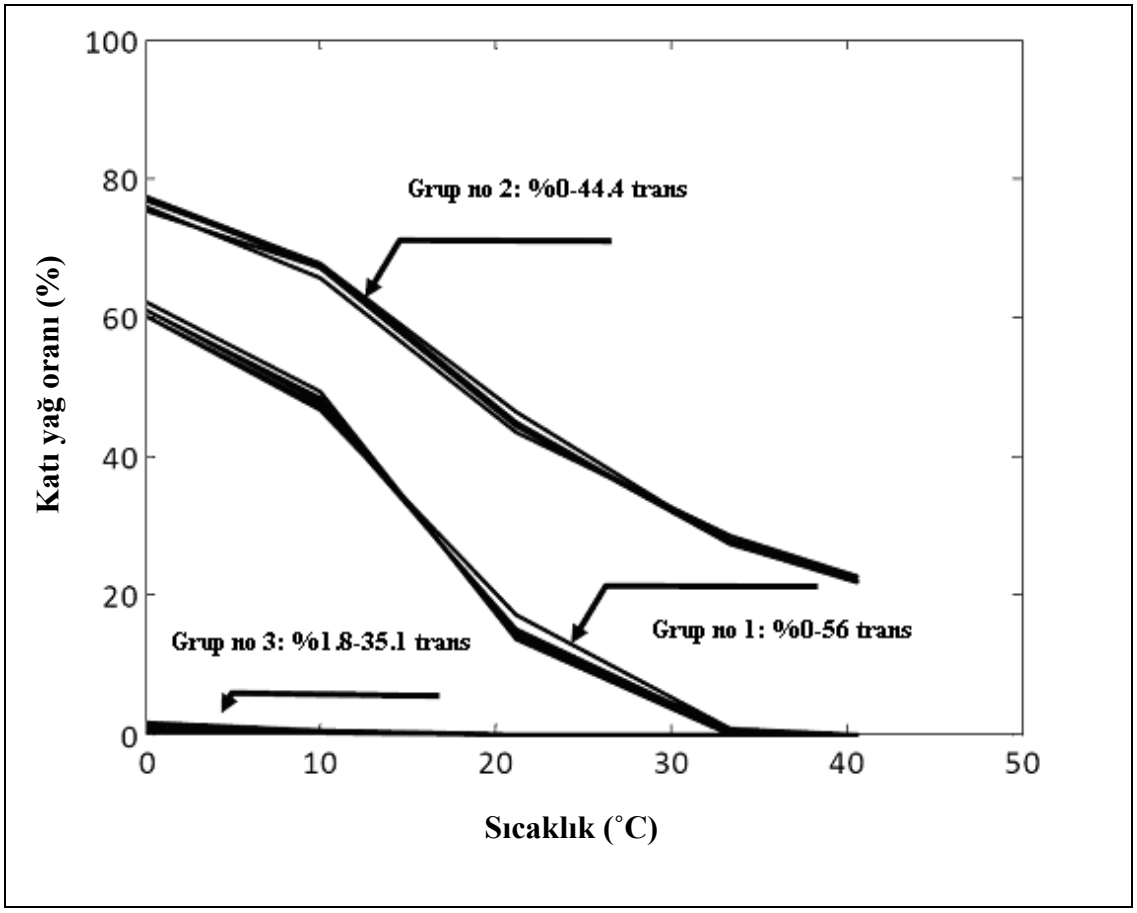
3 nolu grup olarak kodlanan, %1.8-35.1 arasında trans yağ asidi içeren örnekler ise hidrojenasyonda ilk 70 dakika süresince elde edilmiştir. Böylece trans yağ miktarında önemli bir artış sağlanmış buna rağmen katı yağ oranında çok fazla bir değişim gözlenmemiştir. Bu örneklerin yağ asidi dağılımları ise Çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge 4.4'den de görülebileceği gibi 10. ve 20. dakikalarda alınan örneklerin trans asit içerikleri birbirine yakın olduğu için diğer serilere de uygun olması açısından 20. dakikada alınan örnek iptal edilmiş, ölçümler kalan 6 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.4 3 nolu gruba ait yağ örneklerinin yağ asidi dağılımları ve iyot sayıları

Yağ asitleri	**Konsantrasyon (%)**						
	10 dakika	**20 dakika**	**30 dakika**	**40 dakika**	**50 dakika**	**60 dakika**	**70 dakika**
14:0	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.09	0.08
16:0	11.24	11.86	11.70	11.93	11.85	11.83	11.80
16:1	0.17	0.14	0.18	0.19	0.23	0.16	0.15
17:0	0.11	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09
17:1	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
18:0	4.46	4.63	4.92	4.99	5.07	4.97	5.09
18:1t	0.34	0.65	1.48	2.98	4.63	5.80	9.21
18:1	21.93	22.65	22.84	22.77	23.11	23.65	24.08
18:2t	0.70	1.10	3.20	9.60	14.09	16.31	23.26
18:2	52.66	51.87	48.46	40.84	35.06	31.21	21.65
18:3t	0.74	0.57	1.54	2.30	2.41	2.75	2.59
18:3	7.05	5.96	5.00	3.66	2.61	2.19	0.82
20:0	0.34	0.05	0.35	0.31	0.40	0.45	0.47
22:0	0.16	0.31	0.14	0.20	0.33	0.48	0.68
İyot sayısı	138.1	134.8	133.4	130.9	127.8	126.1	120.7

4.2 Yağ örneklerine ait katı yağ oranları

Değişik miktarlarda trans yağ asidi içeren yağ örneklerine ait katı yağ oranları Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranlarına sahip olan yağ örnekleri

Grup no 1 olarak kodlanan yağ örneklerinin katı yağ oranları incelendiğinde 0 ºC'daki katı yağ oranlarının yaklaşık %60 seviyesinde olduğu ve 40.6 °C'da ise bütün örneklerin sıvı ve katı yağ oranı değerlerinin %0'a kadar düştüğü görülmektedir. Trans yağ içermeyen örnek ile %56 trans yağ içeren örnekte, özellikle 20 ºC ile 30 ºC

sıcaklıklardaki katı yağ oranı değerleri arasında yaklaşık %5'lik bir fark bulunmaktadır. Bu fark katı yağ oranı ölçümleri için çok yakın olarak kabul edilmektedir.

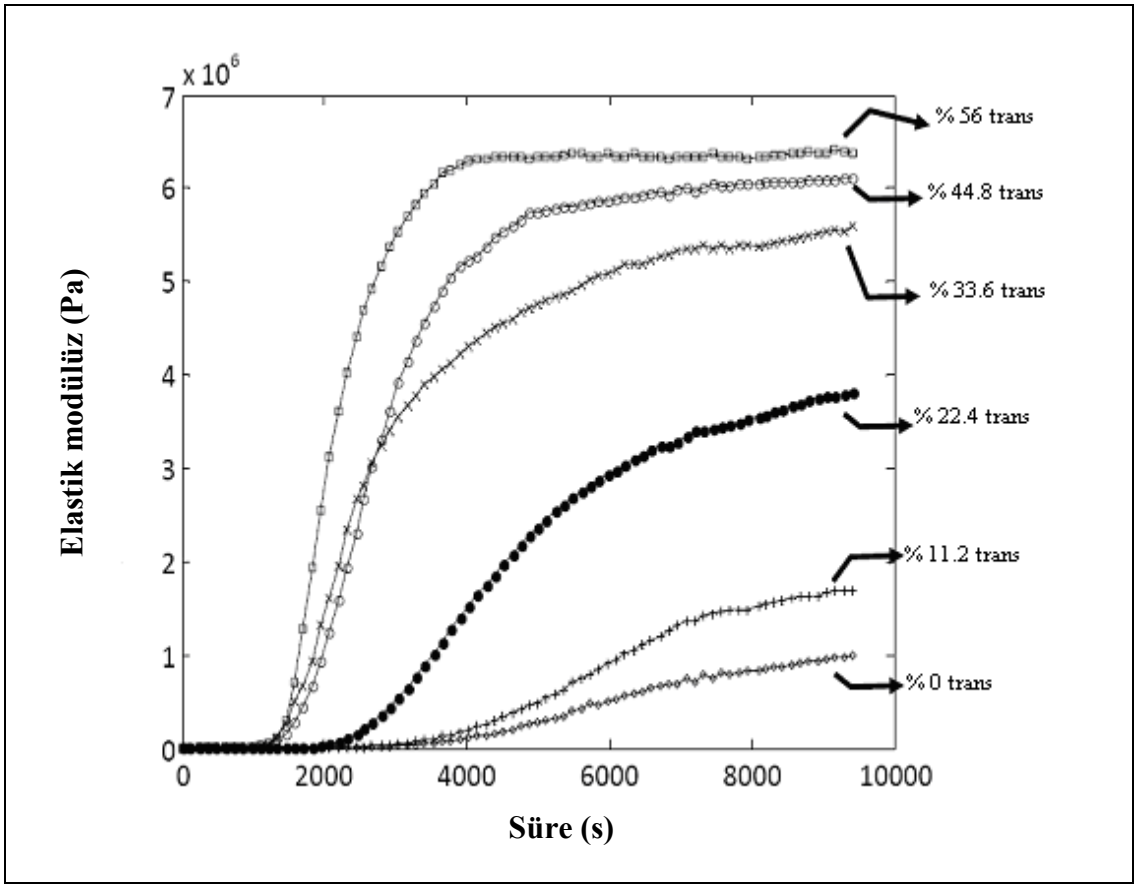
%0-44.4 oranında trans asit içeren Grup no 2'ye ait örneklerin grafiği incelendiğinde bu yağların 0 ºC'daki katı yağ oranlarının yaklaşık %76 ve 40.6 ºC'daki katı yağ oranlarının ise yaklaşık %23 olduğu görülmektedir.

Diğer bir grup olan 3 nolu gruba ait örnekler ise hidrojenasyon sırasında ilk 70 dakika süresince elde edilen örneklerdir. Hidrojenasyonda Nysosel 810 gibi çok selektif bir katalizör kullanılarak 70 dakika içinde trans yağ miktarının önemli derecede artması buna rağmen katı yağ oranının çok fazla değişmemesi sağlanmıştır. Bu bulguya dayanarak hidrojenasyon sırasında 7 adet örnek 10 dakika arayla alınmış ve katı yağ oranları ve trans yağ asidi miktarları ölçülmüştür. Söz konusu örneklerin trans yağ miktarları %1.8-35.1 arasında değişmiş ve bu örneklerde Şekil 4.1'de de görülebileceği üzere herhangi bir katılaşma görülmemiştir.

Bu çalışma kapsamında Ülker Gıda San. ve Tic. A.Ş. ve Eryağ A.Ş.'den temin edilen bisküvilik yağlarla da, kontrol amacıyla, hamur ve bisküvi yapılmış ve bu örneklerde yapılan analizlerin sonuçları diğer yağlarla yapılan ürünlerin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Buna göre Ülker ve Eryağ olarak isimlendirilen bu yağların katı yağ oranları 0 ˚C'da sırasıyla %64.1 ve %60.1; 40.6 ˚C'da ise %3.6 ve %8 olarak ölçülmüştür. Bu yağların katı yağ oranı değerleri 1 ve 2 nolu gruptaki yağların katı yağ oranı değerlerinin arasında olup, bu sonucun etkisi hamur ve bisküvilerin tekstürel ölçümlerinde de görülmüştür. Yani ticari yağlarla yapılan hamur ve bisküvilerin ölçülen tekstürel özelliklerine ait değerlerin, bu iki gruptaki yağlarla hazırlanan ürünlerin değerlerine yakın olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara ilgili bölümlerde ayrıntılı olarak değinilmiştir.

4.3 Yağların reolojik ölçüm değerleri

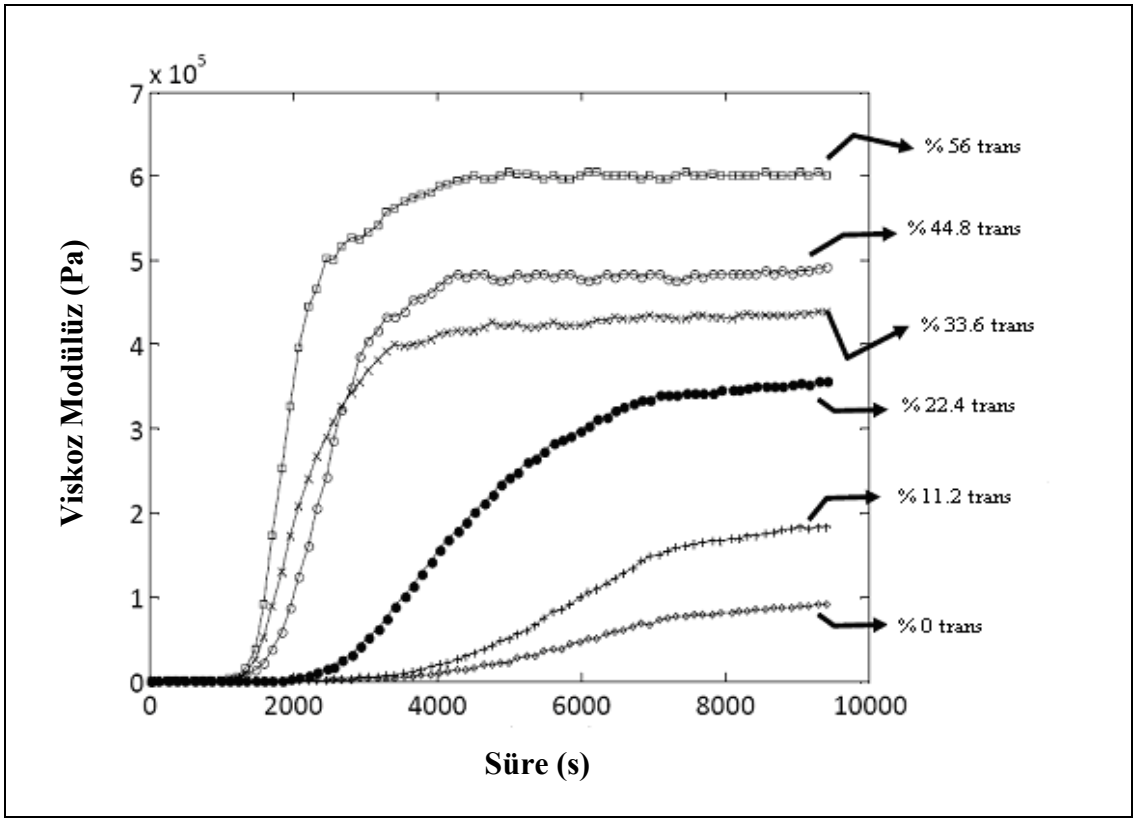
Şekil 4.2'de 1 No'lu gruba ait, trans yağ asidi içerikleri %0-56 arasında değişen örneklerin 1 Hz frekansta %0,02 gerilim altındaki elastik modülüz değerleri verilmiştir.



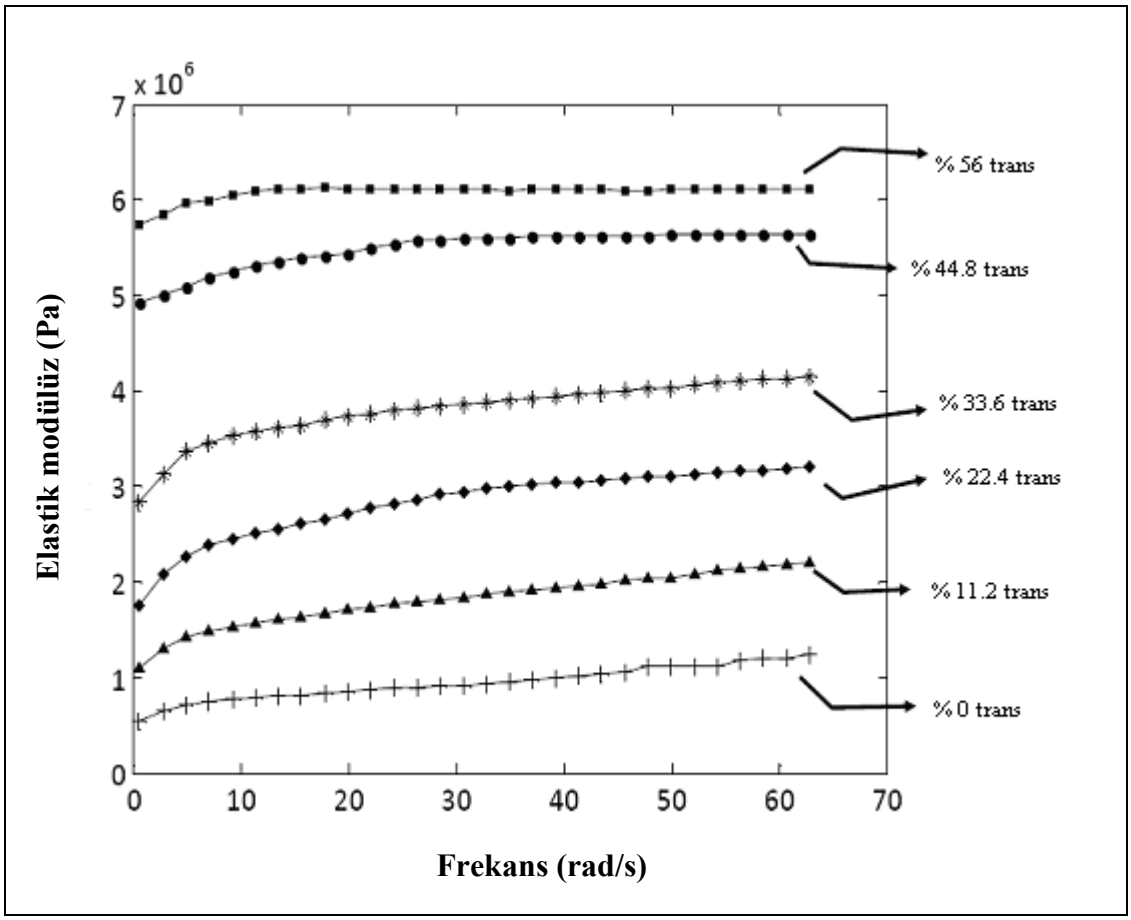
Şekil 4.2 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 10 ˚C'daki gelişimi

Yağların elastik özelliklerinin, kristal sayısı ve kristallerin birbirleri ile olan etkileşimleri ile yakından ilgili olduğu bilinmektedir. Şekil 4.2'de görülebileceği gibi yapısının %56'sı trans yağ asitlerinden oluşan örnek diğer örneklere göre kristalleşmeye daha önce başlamıştır. Kristalleşme yağ örneklerine ait elastik modülüz değerlerinin artmasıyla ilişkilidir. Sıfır trans yağ içeren örnek ile %56 trans yağ içeren örnek

arasında yaklaşık 2500 saniyelik (40 dakikalık) bir farklılık söz konusudur. Bu fark yüksek trans yağ içeren örneğin kristal yapısının çok daha hızlı bir şekilde oluşmaya başladığını göstermektedir. Şekil 4.2'de verilen örneklerin 10 °C'daki katı yağ oranları son derece benzer olmasına rağmen kristalleşme hızları ve son elastik modülüz değerleri içerdikleri trans yağ oranıyla orantılı olarak artış göstermiştir. Şekil 4.3'de ise diğer önemli bir viskoelastik özellik olan viskoz modülüz değerleri verilmiştir. Bu özellik elastik modülüz değerlerine benzer olarak kristal oluşumu ile artmıştır. Viskoz modülüz ayrıca kristaller arasında kalan sıvı fazın viskozitesi ile de ilgilidir. Kristal büyümesi sırasında bu ara fazda bulunan sıvı kısım doymakta (supersaturated) ve viskozitesi artmaktadır. Bu kristalleşme işleminin yağların içerdiği trans yağ miktarına göre bir artış gösterdiği görülmüştür. Şekil 4.3'de gösterildiği gibi artan trans yağ miktarı viskoz modülüz değerlerinin daha yüksek son değerlere ulaşmasını sağlamıştır.

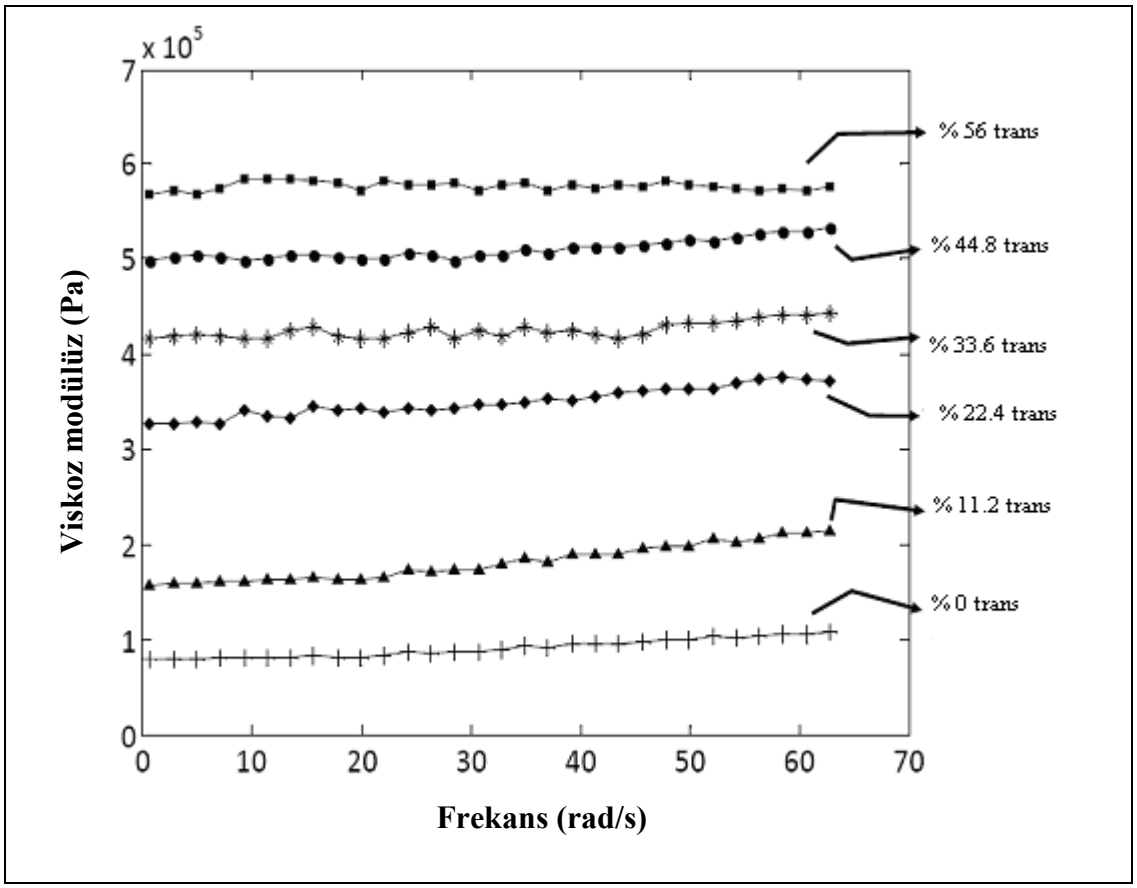


Şekil 4.3 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 10 ˚C'daki gelişimi



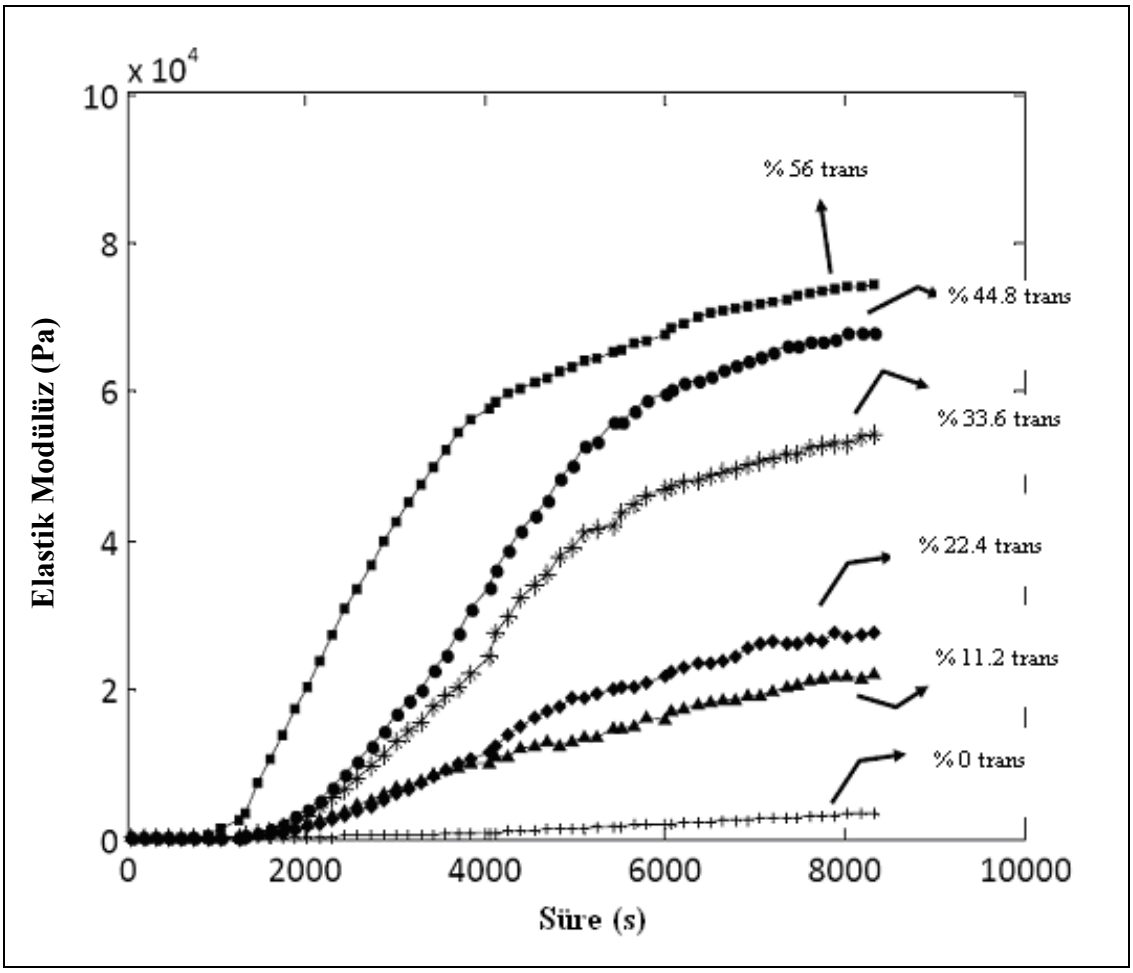
Şekil 4.4 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 10 ˚C'daki frekans taraması

Şekil 4.4'de ise trans yağ miktarları %0-56 arasında değişen örneklerin frekans tarama yöntemiyle elde edilen elastik modülüz değerleri verilmektedir. Bu grafikte görülebileceği gibi artan trans yağ miktarı elastik modülüz ve Şekil 4.5'de verilen viskoz modülüz değerlerinin artmasına sebep olmuştur. Bu sonuç trans yağ asitlerinin hızlı bir şekilde kristal oluşturmaları ve bu kristallerin birbirleri ile etkileşim içinde olmalarıyla açıklanmaktadır.

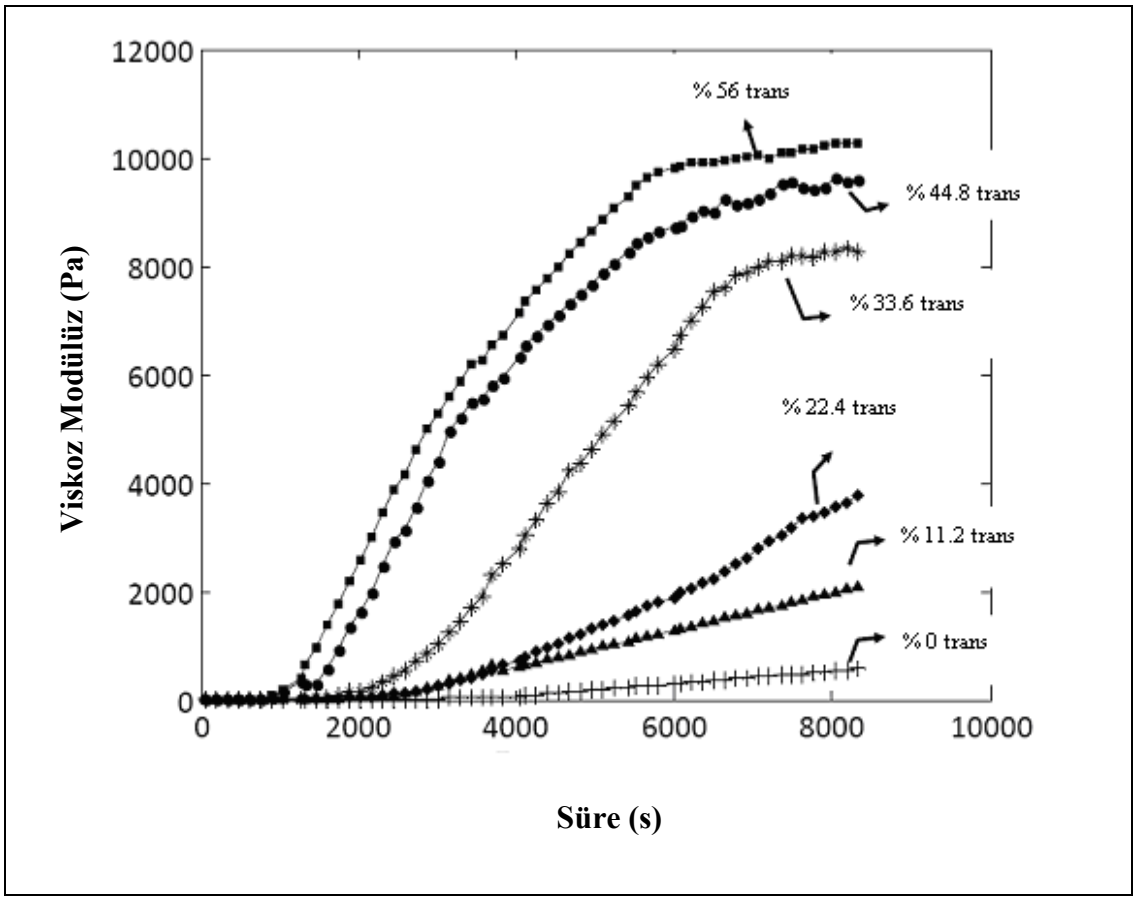


Şekil 4.5 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 10 ˚C'daki frekans taraması

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de ise trans yağ miktarları %0-56 arasında değişen oranlarda olan örneklerin elastik ve viskoz modülüz değerlerinin 21 °C'daki gelişimi verilmektedir. Genel olarak bekleneceği gibi bu sıcaklıktaki modülüz değerlerinin artış hızı 10 °C'daki artış hızına göre daha yavaş gerçekleşmiştir.



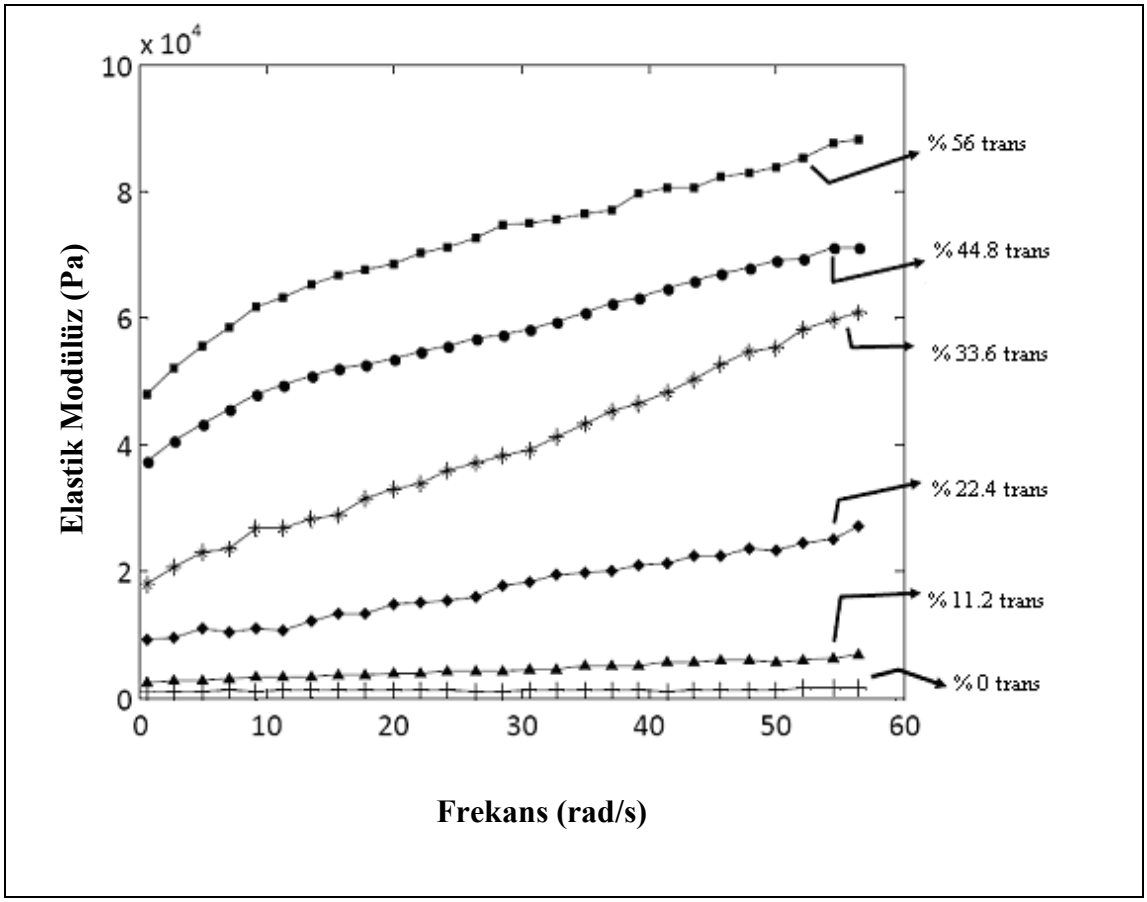
Şekil 4.6 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki gelişimi



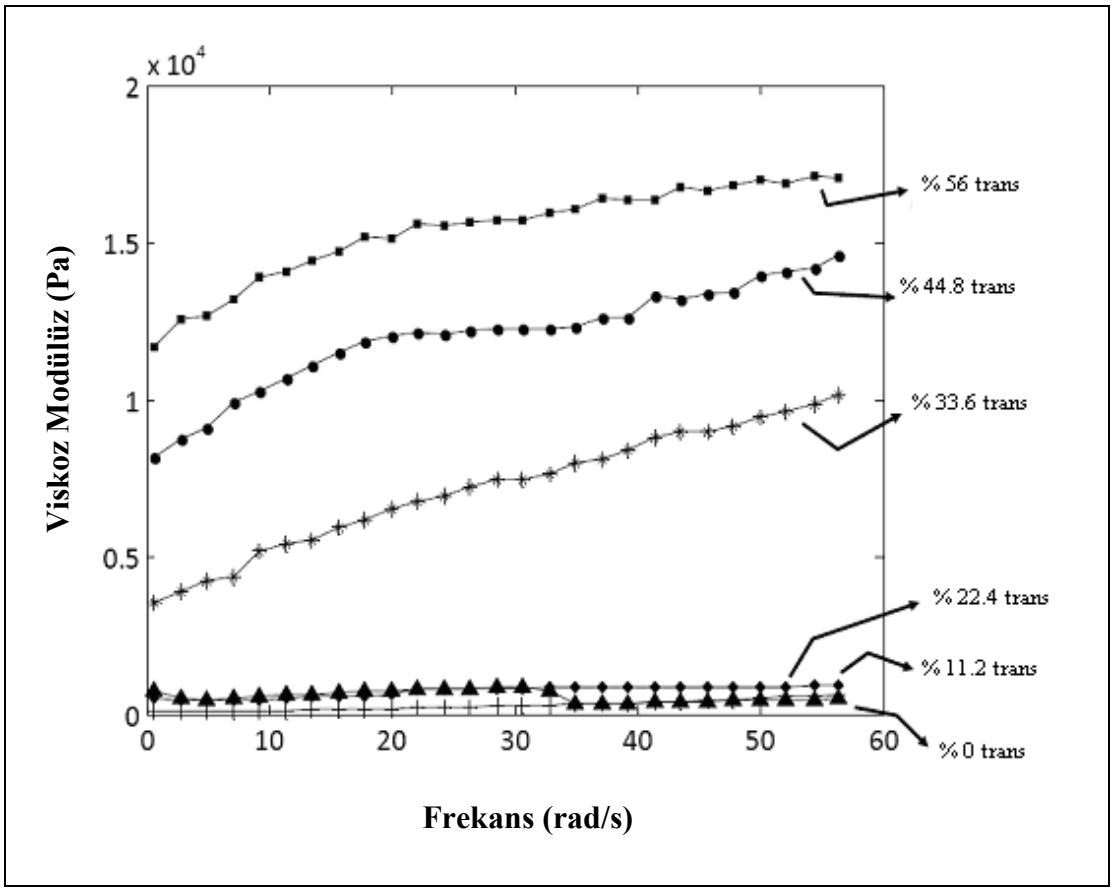
Şekil 4.7 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki gelişimi

Şekil 4.2 ve Şekil 4.6'daki elastik modülüz değerleri karşılaştırıldığında, elastik modülüz değerlerinin sıcaklığın 10 °C'dan 21 °C'a çıkmasıyla yaklaşık 100 kat düştüğü gözlenmiştir. Halbuki Şekil 4.1'de verilen katı yağ oranı değerleri sıcaklığın 10 °C'dan 21 °C'a çıkmasıyla yaklaşık %30 fark etmiştir. Bu sonuç endüstride yaygın olarak kullanılan katı yağ oranı gibi ölçümlerin yağların (özellikle trans yağ asidi içeren yağların) fiziksel özelliklerini açıklamada yeterli olmadığını göstermektedir.

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da ise 21 °C'daki elastik ve viskoz modülüz değerlerinin frekans taramaları verilmiştir.

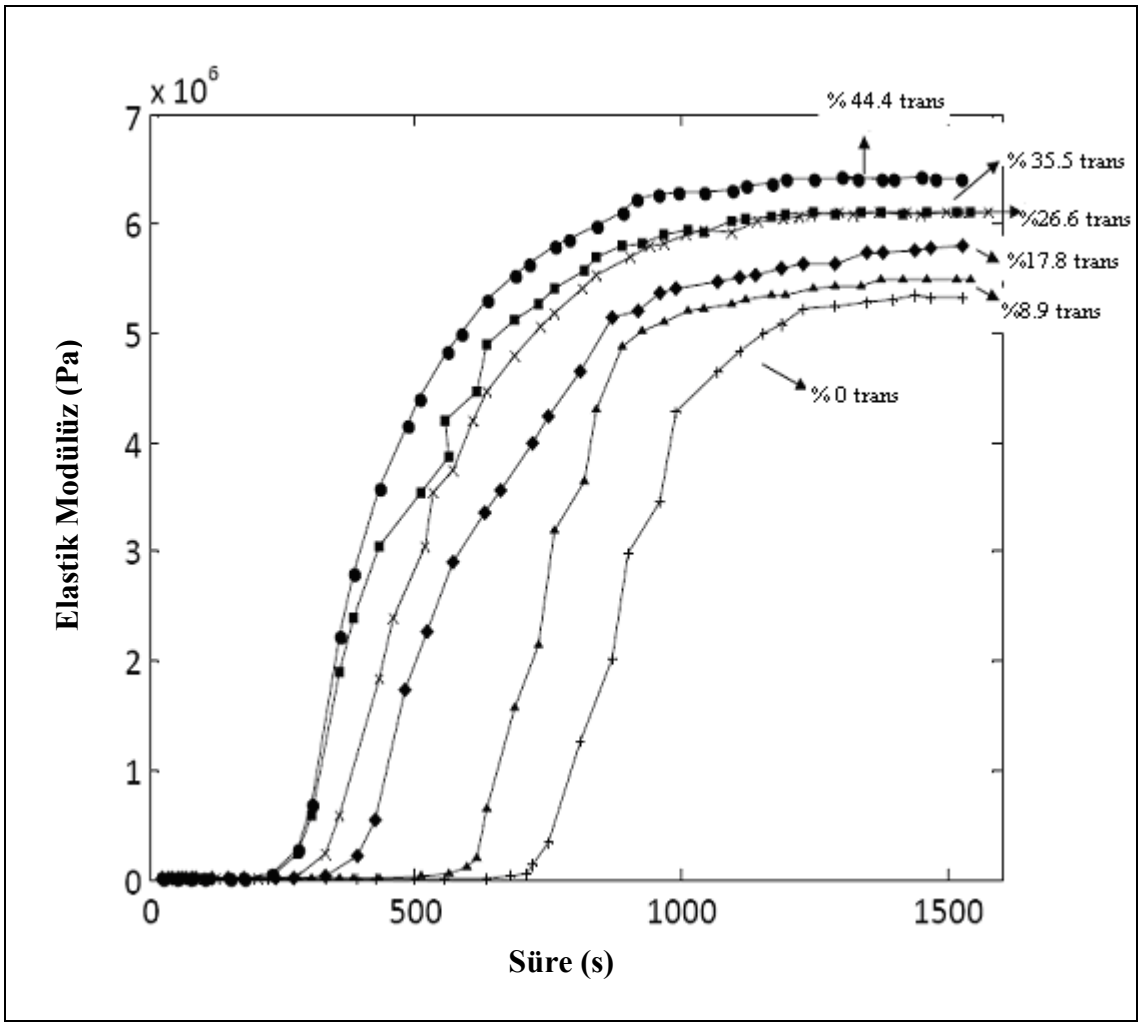


Şekil 4.8 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki frekans taraması

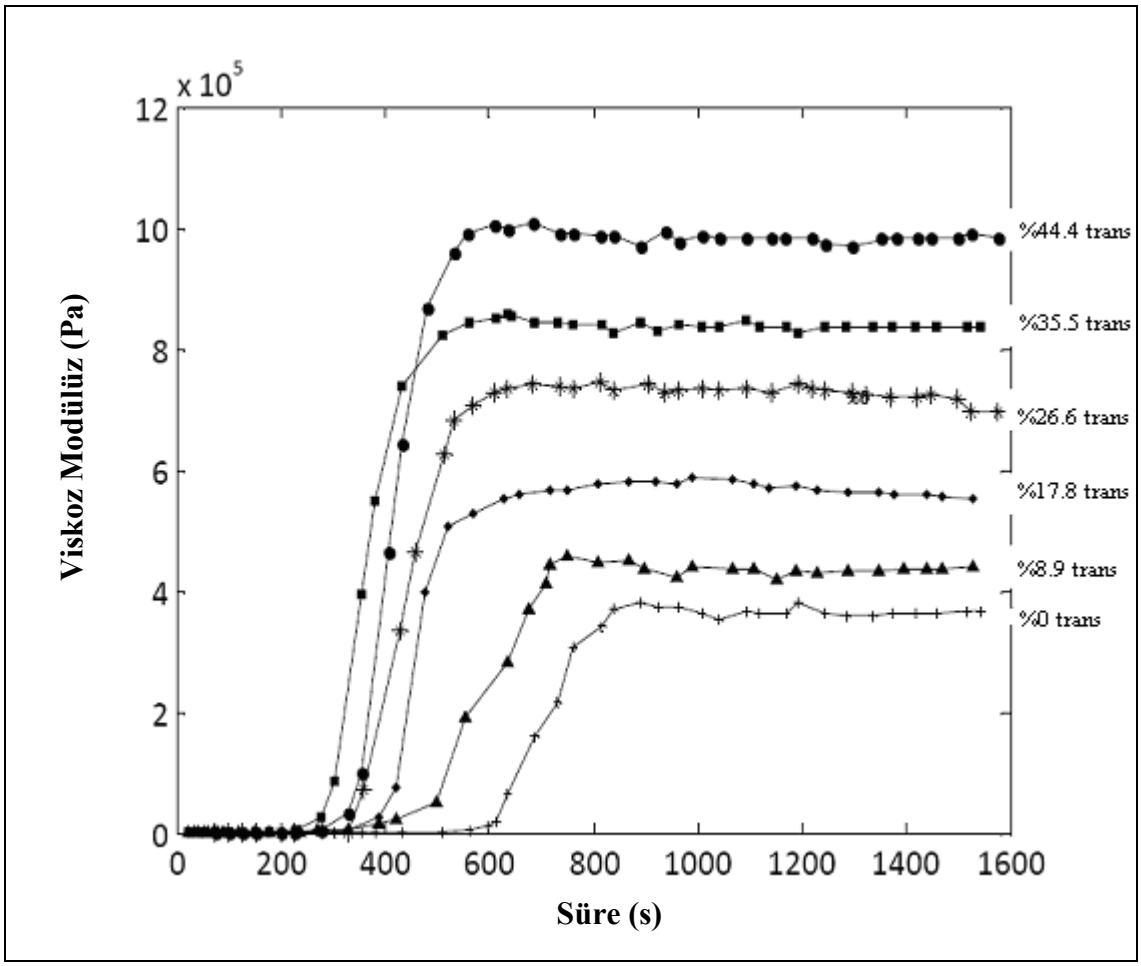


Şekil 4.9 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki frekans taraması

Trans yağ oranları %0-44.4 arasında değişen 2 nolu gruba ait örneklerin 30 °C'daki elastik ve viskoz modülüz değerlerinin zamana karşı gelişimleri ise Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de verilmiştir.



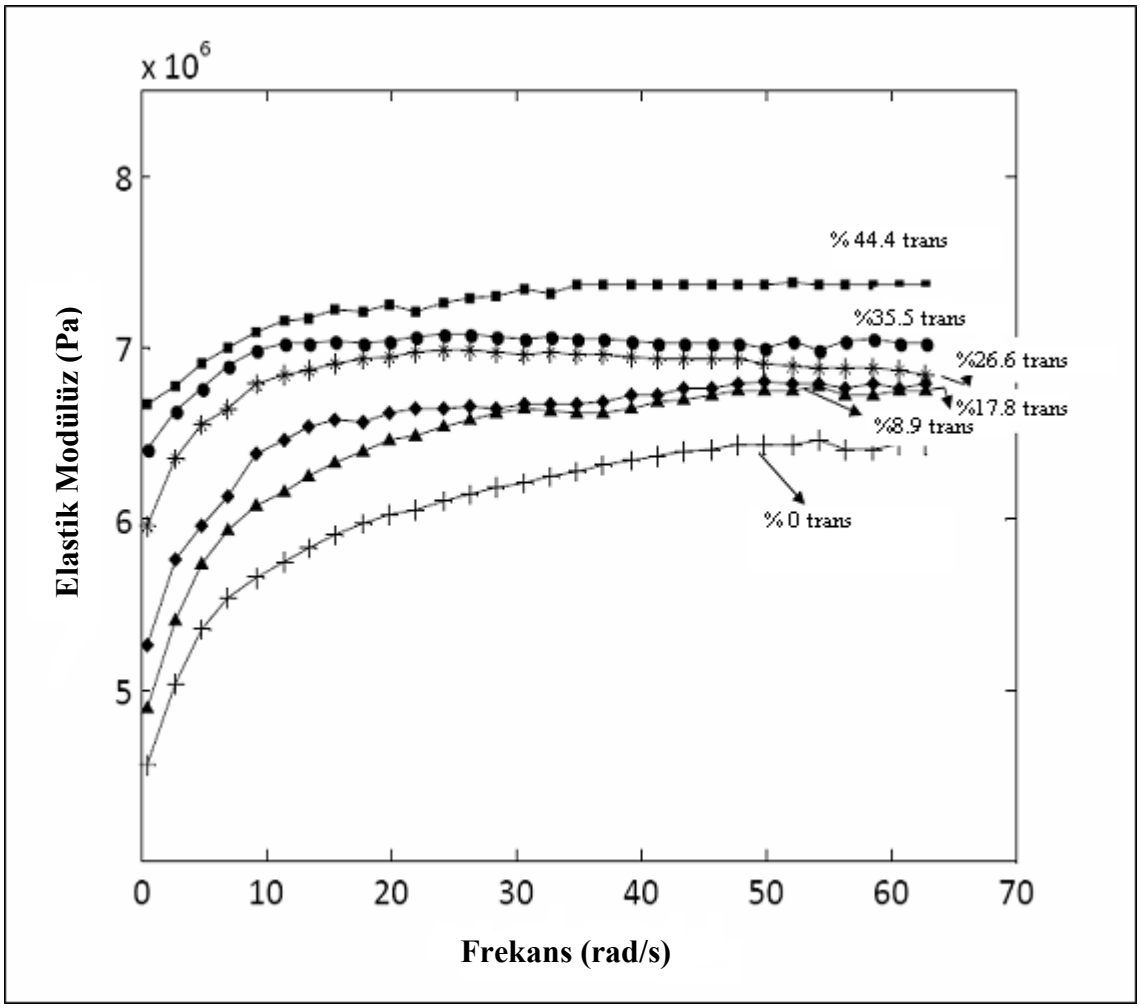
Şekil 4.10 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 30 ˚C'daki gelişimi



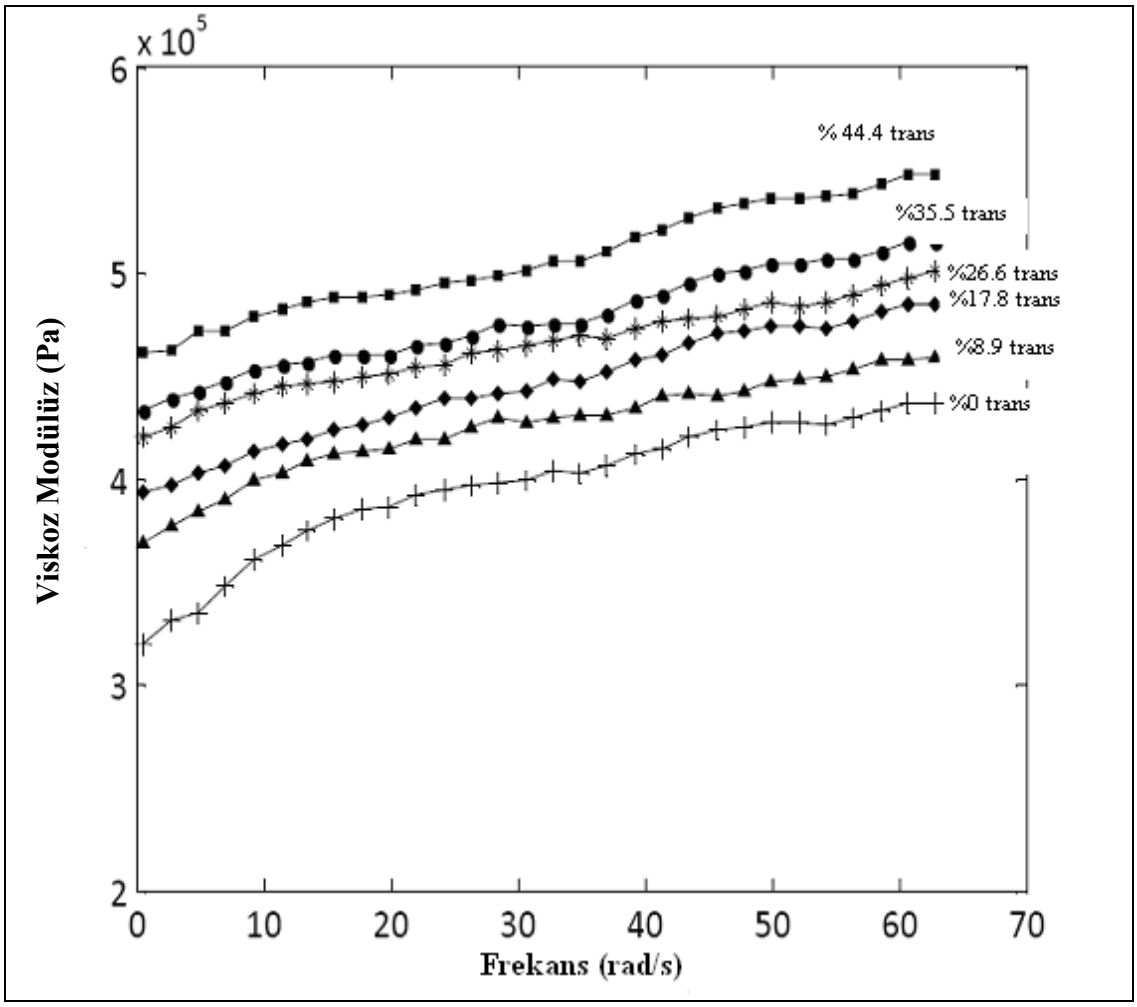
Şekil 4.11 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 30 ˚C'daki gelişimi

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi 2 nolu gruba ait örneklerin katı yağ oranları 1 nolu gruba ait örneklerin katı yağ oranlarından çok daha yüksektir. Aynı zamanda 2 nolu gruba ait örneklerin viskoz ve elastik modülüz değerleri de 1 nolu gruba göre daha yüksektir. Ancak 1 nolu gruba ait örneklerde gözlenen sıra bu örneklerde de gözlenmiştir. 30 °C'da %44.4 oranında trans yağ içeren örnek yaklaşık 200 saniye içinde kristal oluşumuna başlamış olmasına rağmen, hiç trans yağ içermeyen ama benzer katı yağ oranına sahip olan örnek yaklaşık 750 saniye sonunda kristal oluşumuna başlamıştır. Bu sonuç Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de verilen sonuçların bir doğrulamasıdır. Yani bu deneyler sonucunda görülmüştür ki artan trans yağ oranı yağların daha hızlı kristal oluşturmasına sebep olmaktadır. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'de ise 2 nolu gruba ait örneklerin elastik ve

viskoz modülüz değerlerinin 30 °C'daki frekans taramaları verilmiştir. Bu şekillerde görülebileceği gibi bütün örneklerin standart metotla belirlenmiş olan katı yağ oranları benzer olmasına rağmen elastik ve viskoz modülüz değerlerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Bu bulgular trans yağ miktarındaki artışın yağlarda oluşan kristallerin boyutları ve sayıları üzerine etkili olduğu şeklinde açıklanmaktadır.

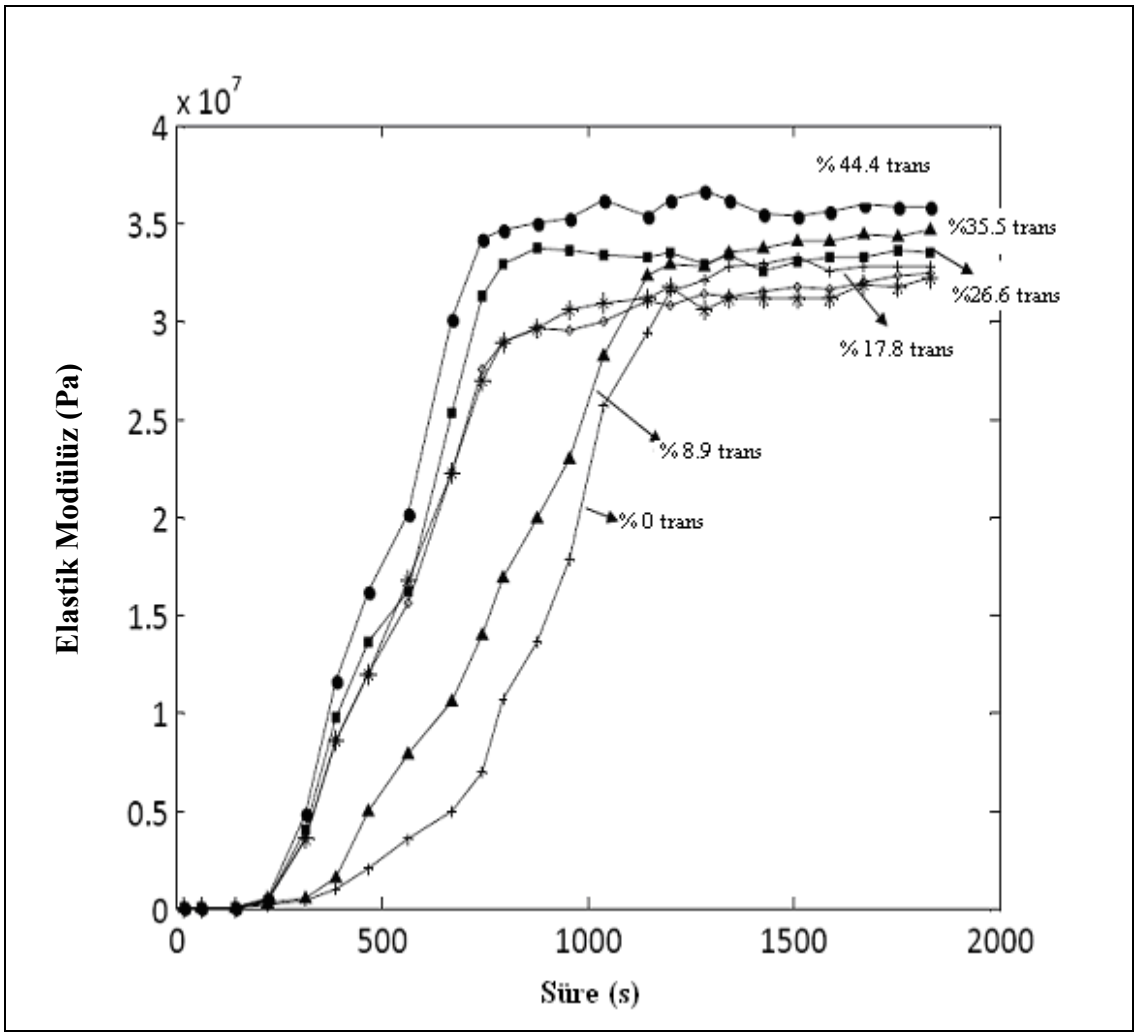


Şekil 4.12 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 30 ˚C'daki frekans taraması

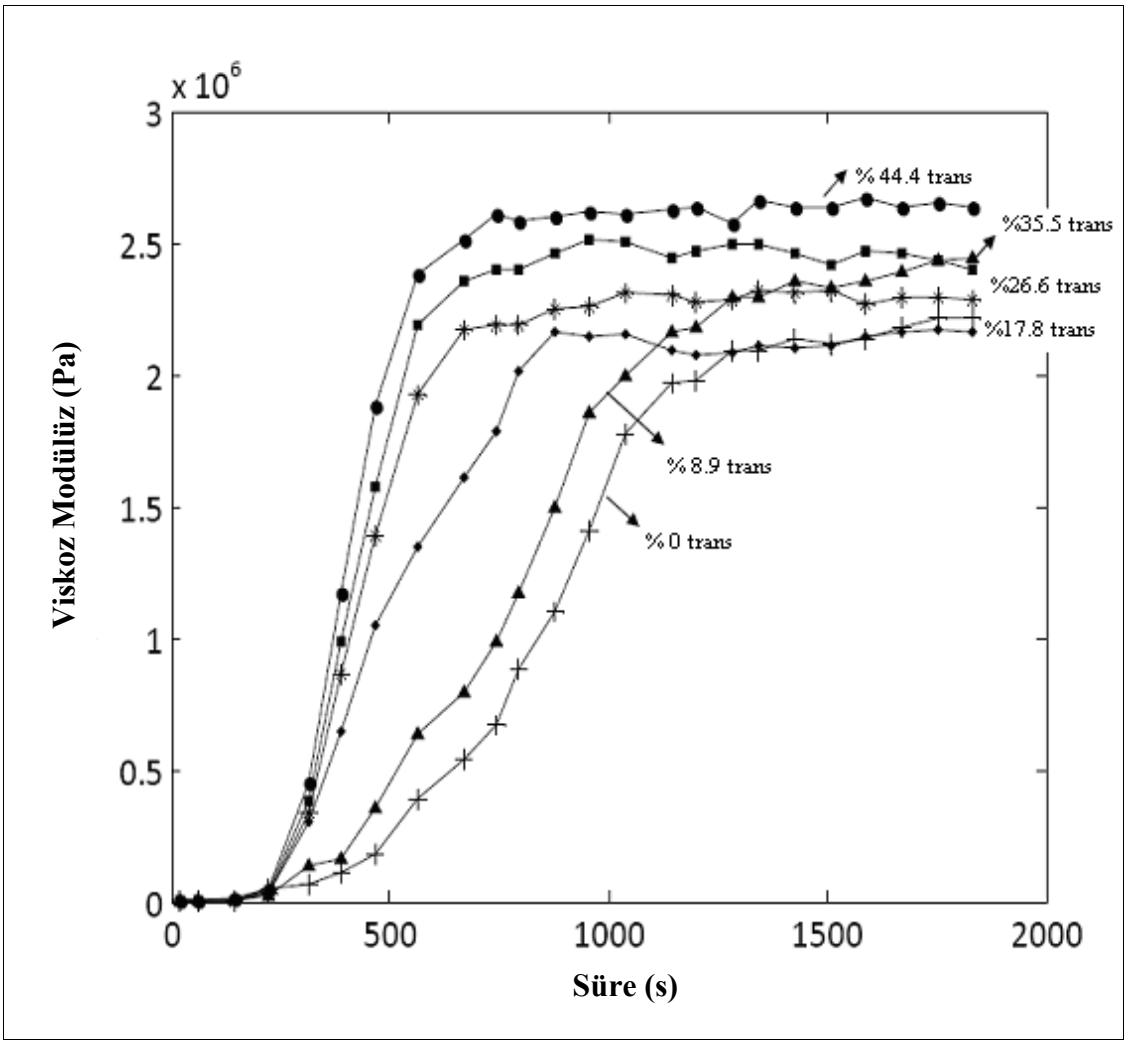


Şekil 4.13 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 30 ˚C'daki frekans taraması

Benzer bir çalışma 2 nolu gruba ait örnekler için 21 °C'da da gerçekleştirilmiştir. Genel olarak bu örneklerin katı yağ oranları çok yüksek olduğundan, 30 °C'da görülen farklar bu sıcaklıkta daha fazladır. Bu gruba ait bütün örnekler beklendiği gibi kristal oluşumuna 30 °C'daki ölçümlere oranla daha önce başlamışlardır (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15). Fakat daha önceki sıralama yine değişmemiştir. Diğer bir deyişle artan trans yağ miktarı denenen bütün sıcaklıklarda kristal oluşturma hızını arttırmıştır.

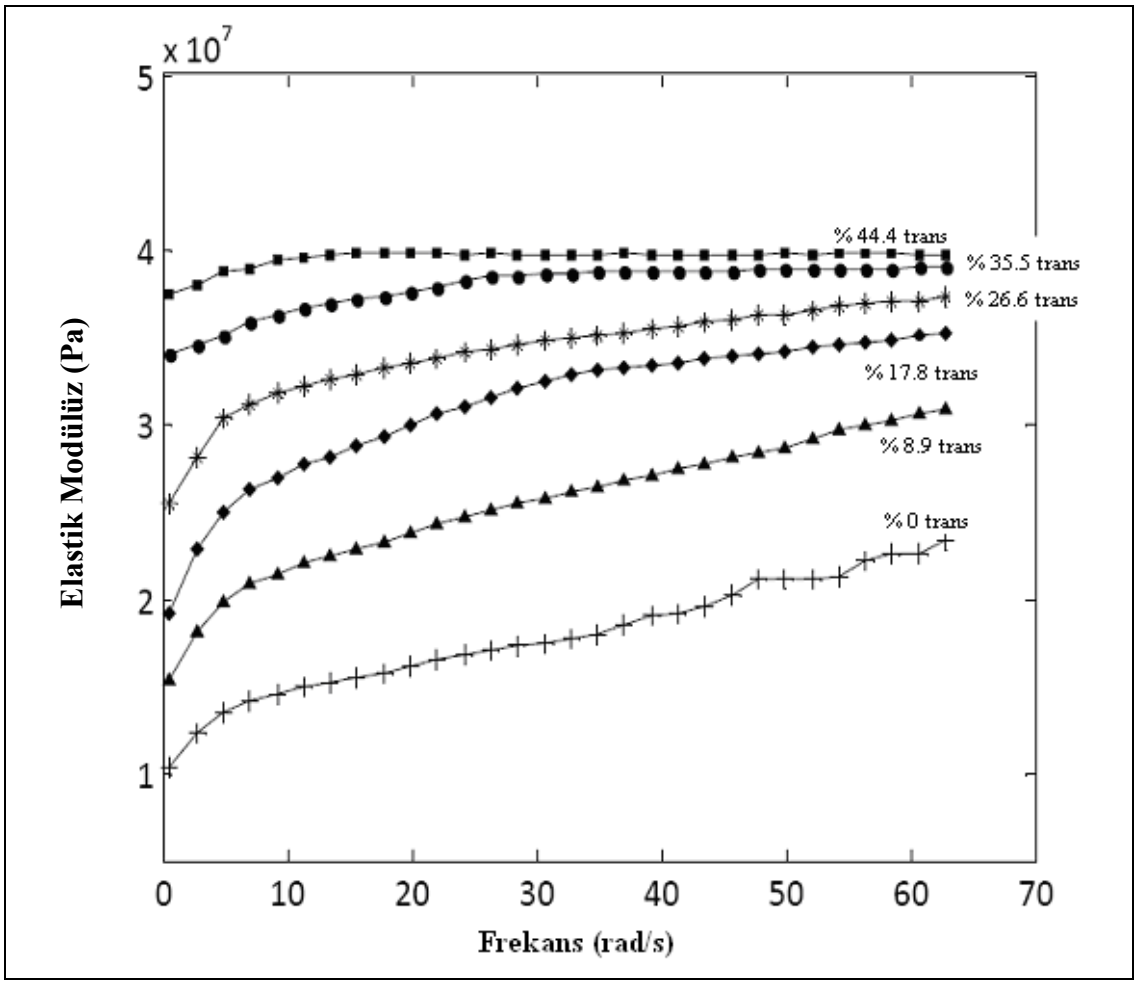


Şekil 4.14 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki gelişimi



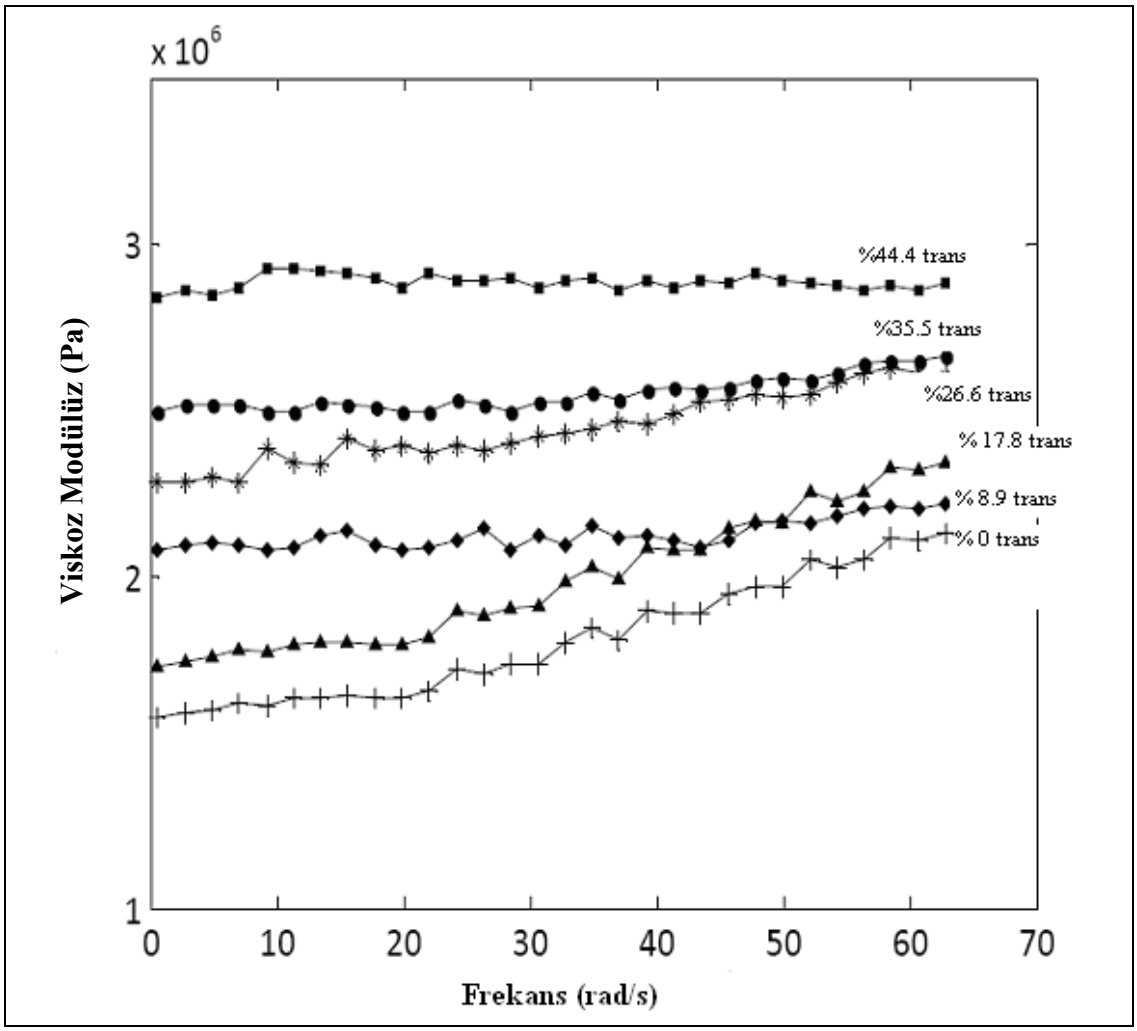
Şekil 4.15 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 21˚C'daki gelişimi

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17 ise trans yağ miktarları %0-44.4 arasında değişen örneklere ait 21 °C'daki frekans taramaları verilmektedir.



Şekil 4.16 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin elastik modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki frekans taraması

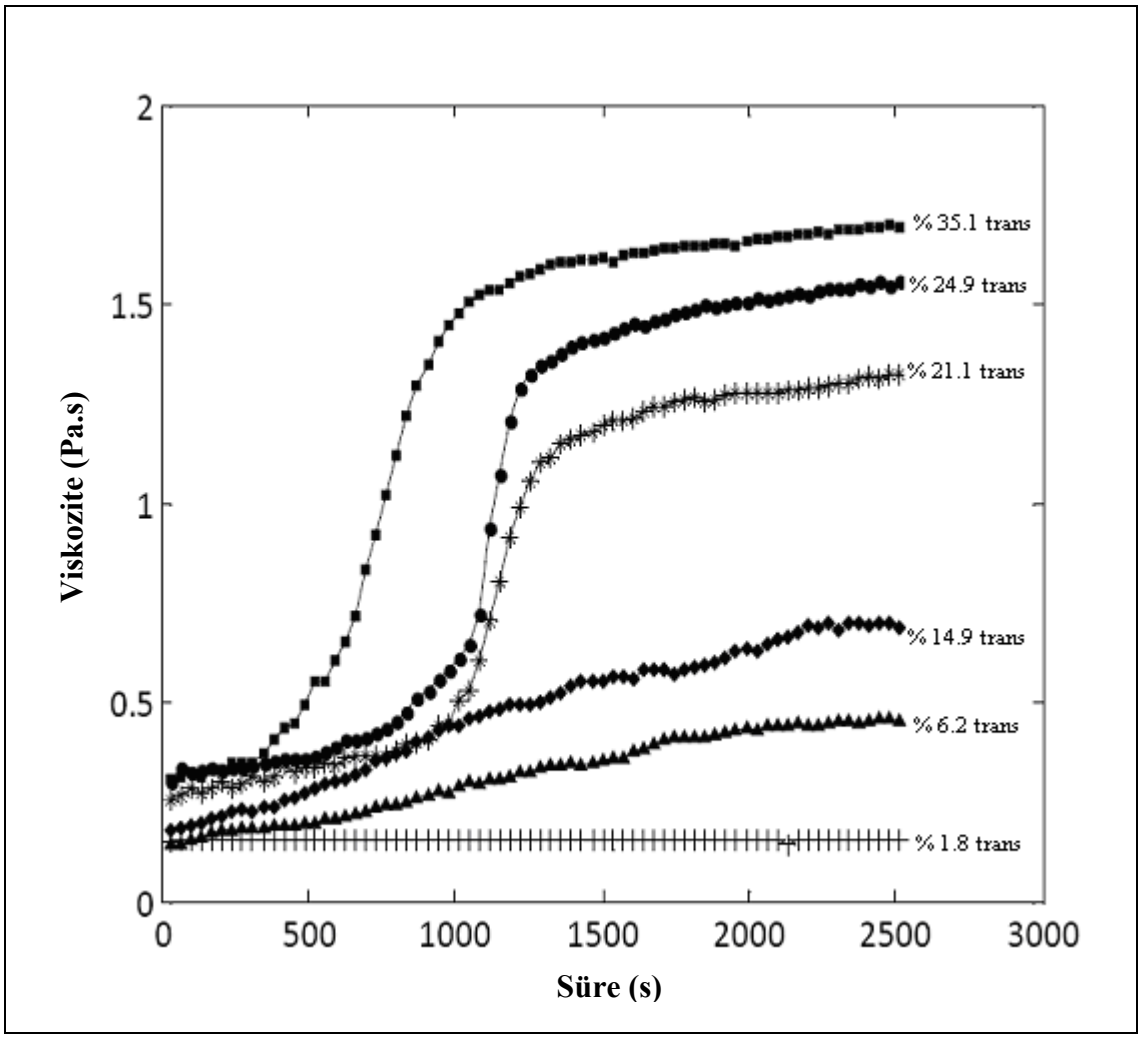
Şekil 4.16 ve Şekil 4.8'de verilen elastik modülüz değerleri karşılaştırıldığında, 2 nolu gruba ait örneklerin 1 nolu gruba ait örneklerden yaklaşık 450 kat daha büyük olduğu gözlenmiştir. Aynı örnekler katı yağ oranları bakımından karşılaştırıldığında ise 2 nolu gruba ait örneklerin 1 nolu gruba ait örneklerden yaklaşık 2 kat daha yüksek katı yağ oranlarına sahip oldukları görülebilir. Bu sonuç yağların viskoelastik özelliklerinin sadece katı yağ ölçümüne oranla çok daha detaylı bilgiler sunduğunu göstermektedir.



Şekil 4.17 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin viskoz modülüz değerlerinin 21 ˚C'daki frekans taraması

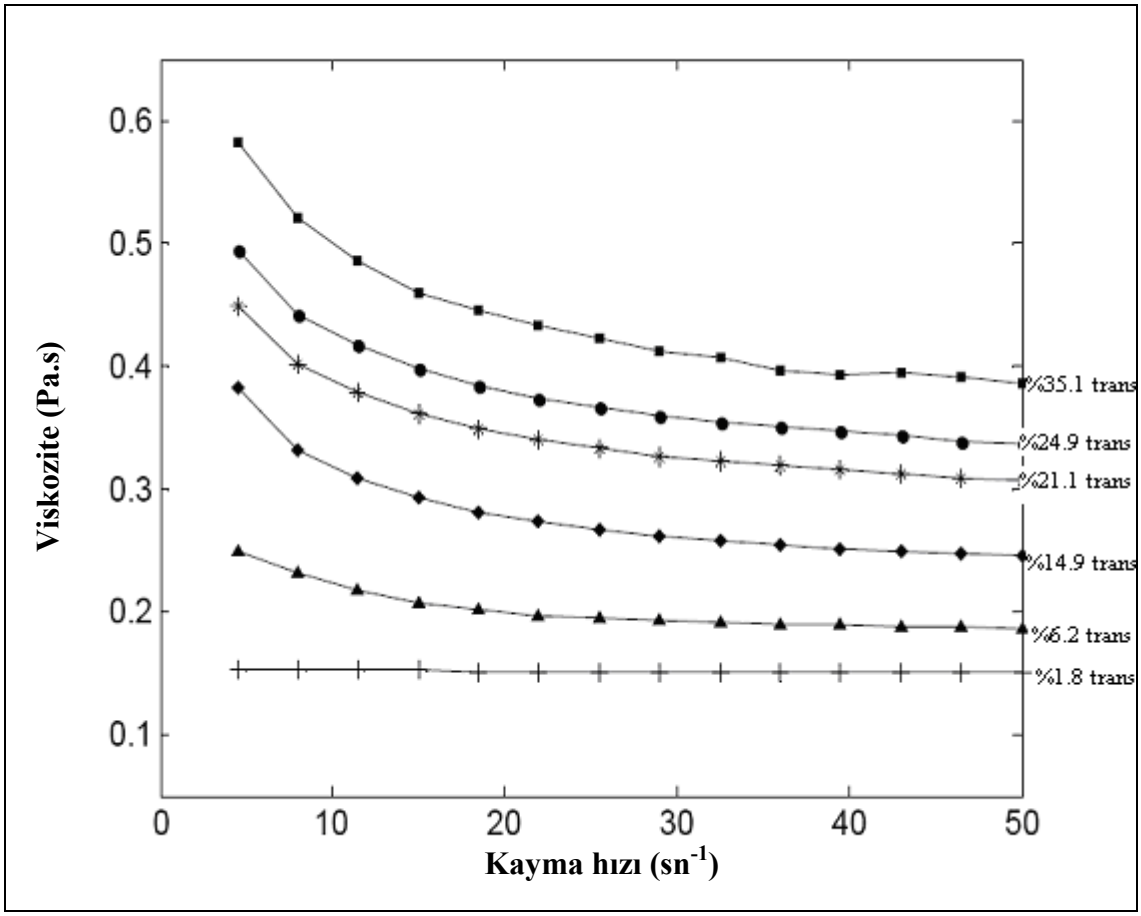
3 nolu gruba ait örnekler sıvı faza sahip olduklarından viskoelastik özelliklerinden ziyade akış özellikleri belirlenmiştir. Şekil 4.18'de görülebileceği gibi %35.1 trans yağ miktarına sahip olan örnek 0 °C'da kristalleşmeye başlamış ve viskozitesi artmıştır. Kristalleşmenin ilk görülmeye başlaması, örneklerin sıcaklığı 0 °C'a düşürüldükten yaklaşık 250 saniye sonra gerçekleşmiştir. Yine Şekil 4.18'de görülebileceği gibi trans yağ miktarı düştükçe yağ örneklerinin kristalleşme hızları da azalmıştır. %35.1 trans yağ içeren örneğin viskozitesi 1 saatlik süre zarfında yaklaşık 6 kat artarken, % 1.8 oranında trans asit içeren örneğin viskozitesinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Bu

sonuç da diğer iki örnek grubuyla yapılan çalışmaları doğrular niteliktedir. Diğer bir deyişle, yağın içerdiği trans asit miktarı arttıkça söz konusu yağların kristalleşme hızları da artmaktadır.



Şekil 4.18 3 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin 1 sn^{-1} kayma hızındaki viskozite değerlerinin 0 ˚C'daki gelişimi

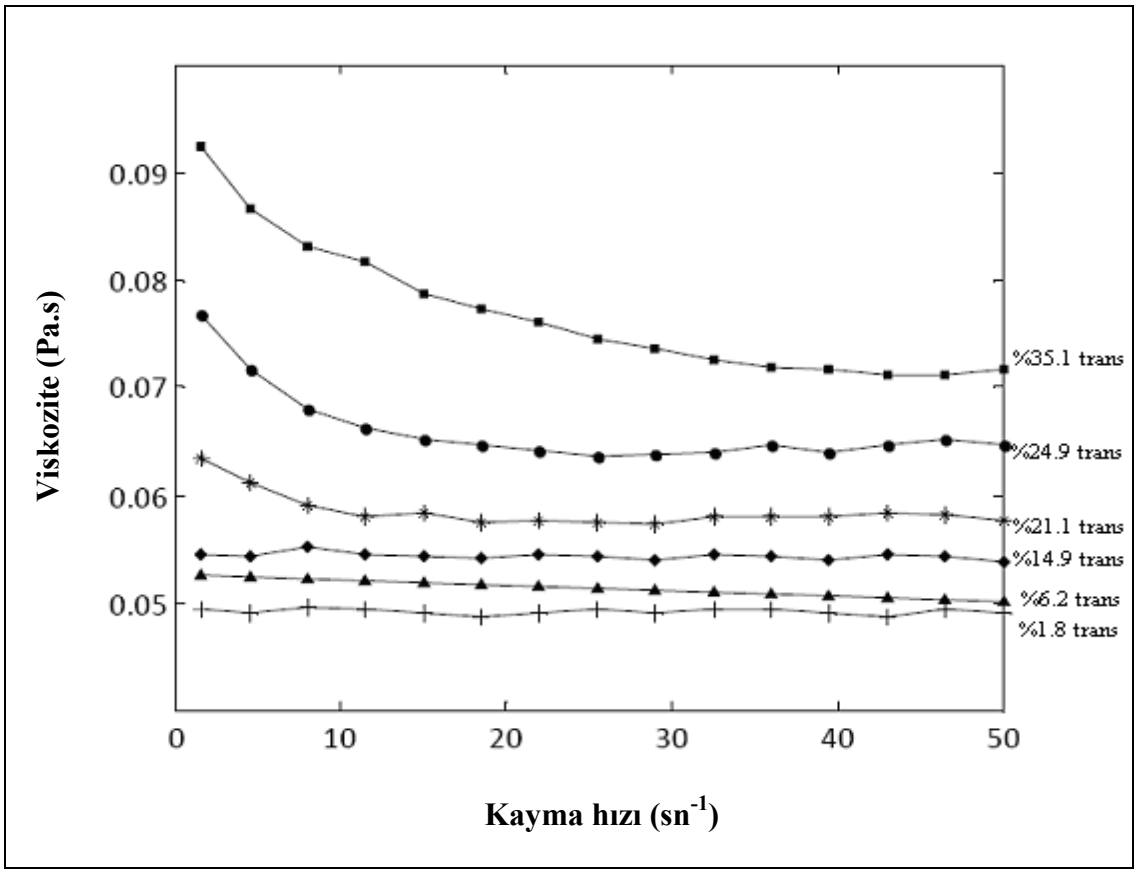
Şekil 4.19'da verilen 3 nolu gruba ait yağların 0 °C'daki Newton tipi olmayan akış eğrileri için gerekli olan kıvam ve akış indeksi değerleri $y=K.x^n$ eşitliğine göre hesaplanmıştır. Eşitlikte verilen y, gerilimi; K, kıvam indeksi değerini; x, kayma oranını ve n ise, akış indeksi değerini ifade etmektedir. Bu ölçümler sonucunda, sıvı fazda bulunan yağlarda artan trans yağ oranının, akış indeksi değerlerinin azalmasına, kıvam indeksi değerlerinin de artmasına neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).



Şekil 4.19 3 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin 0 ˚C'daki akış eğrileri

Çizelge 4.5 3 nolu gruba ait yağ örneklerinin 0 ˚C'daki akış eğrileri için elde edilen kıvam indeksi ve akış indeksi değerleri

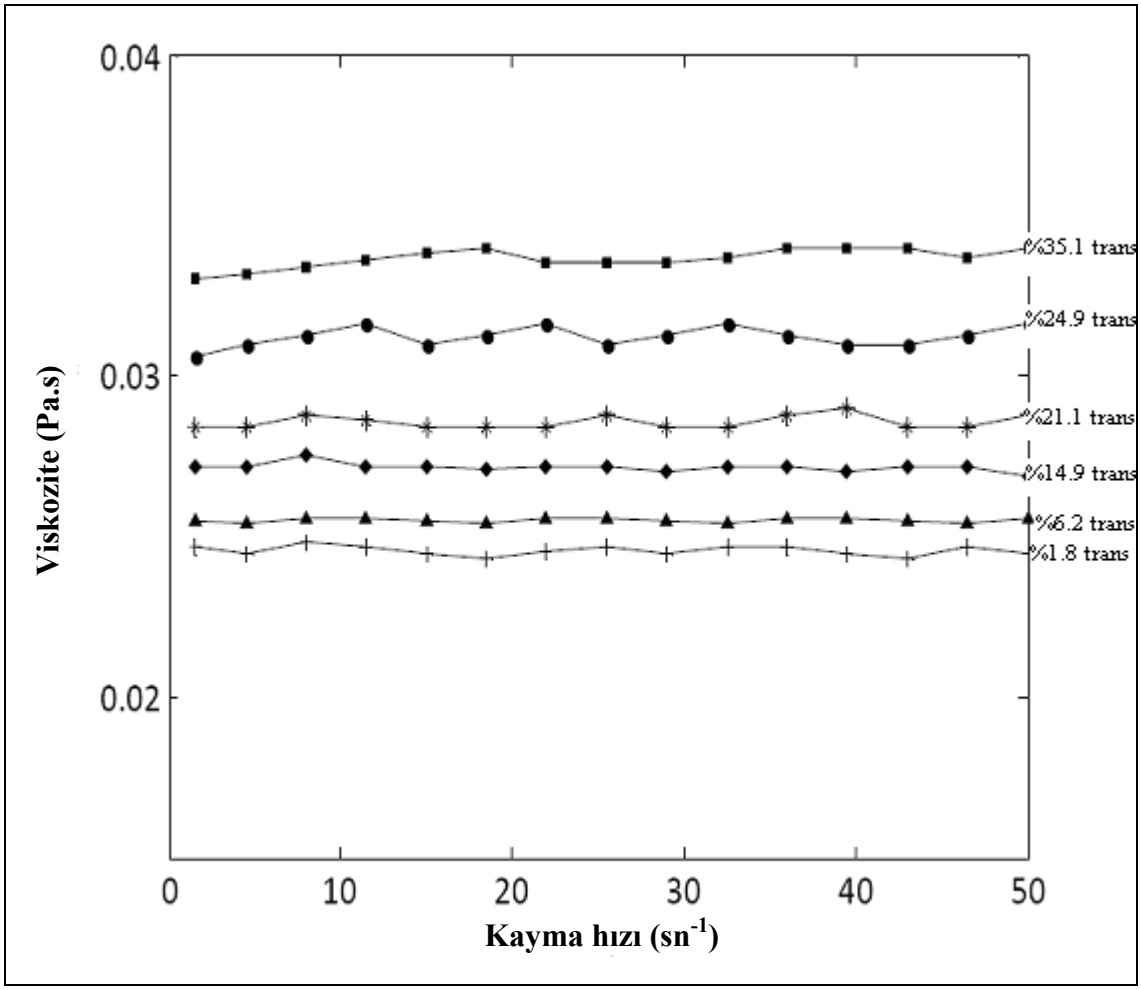
Trans asit miktarı (%)	K (kıvam indeksi)	n (akış indeksi)
35.1	0.7400	0.8293
24.9	0.6135	0.8436
21.1	0.5578	0.8436
14.9	0.4835	0.8707
6.2	0.2942	0.8707
1.8	0.1552	1.0000



Şekil 4.20 3 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin 10 ˚C'daki akış eğrileri

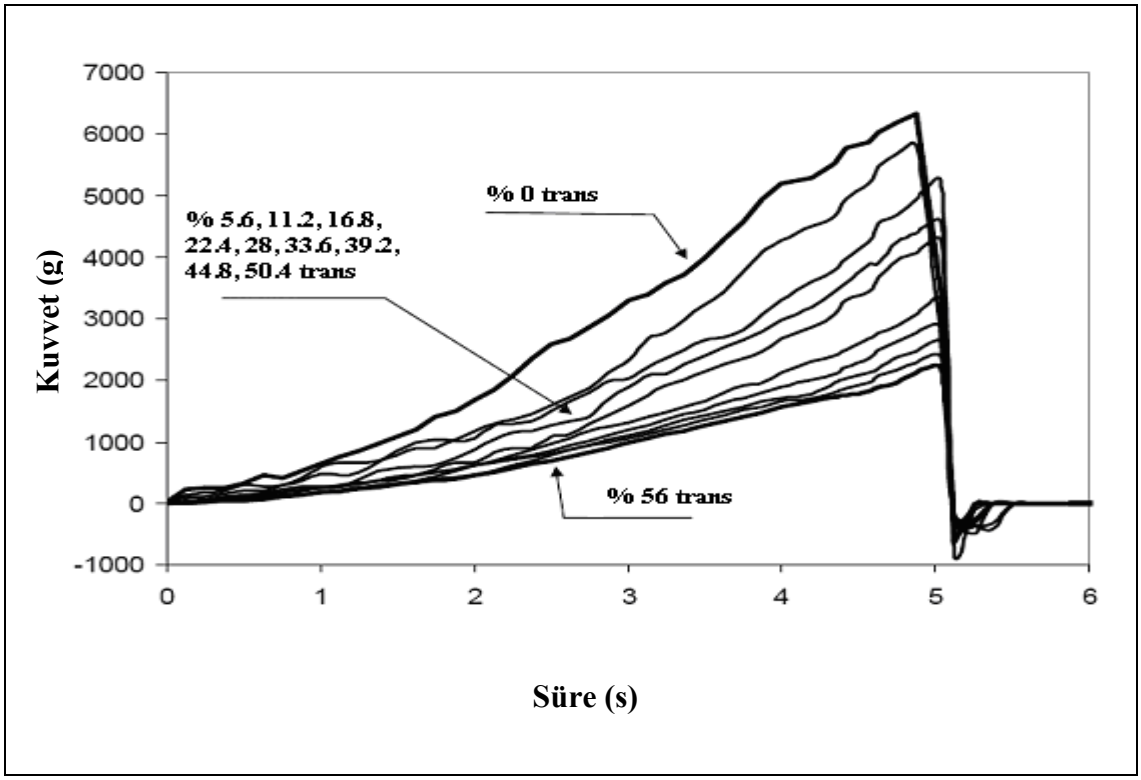
3 nolu gruba ait örneklerin 10 °C'daki akış eğrileri ise Şekil 4.20'de verilmektedir. Bu sıcaklıkta 0 °C'dan farklı olarak sadece %35.1, %24.9 ve %21.1 oranında trans yağ içeren örneklerde Newton tipi olmayan akış özellikleri bulunmuştur. Düşük trans asitli örneklerde ise Newton tipine daha yakın özellikler bulunmuştur.

Aynı örneklerin Şekil 4.21'de verilen 21 °C'daki akış eğrilerinde ise, bütün yağ örneklerinin Newton tipi olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar trans yağ oranındaki artışın denenen bütün sıcaklıklarda yağ örneklerinin sabit bir kayma hızındaki viskozitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir.



Şekil 4.21 3 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin 21 ˚C'daki akış eğrileri

Hazırlanan yağ örneklerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde doku analizi cihazı da kullanılmıştır. 10 °C sıcaklıkta ve 10 mm/saniye hızla yapılan ölçümler sırasında elde edilen maksimum kuvvet değerleri sertlik olarak belirlenmiştir. 1 nolu gruba ait bu değerler Şekil 4.22'de verilmiştir.

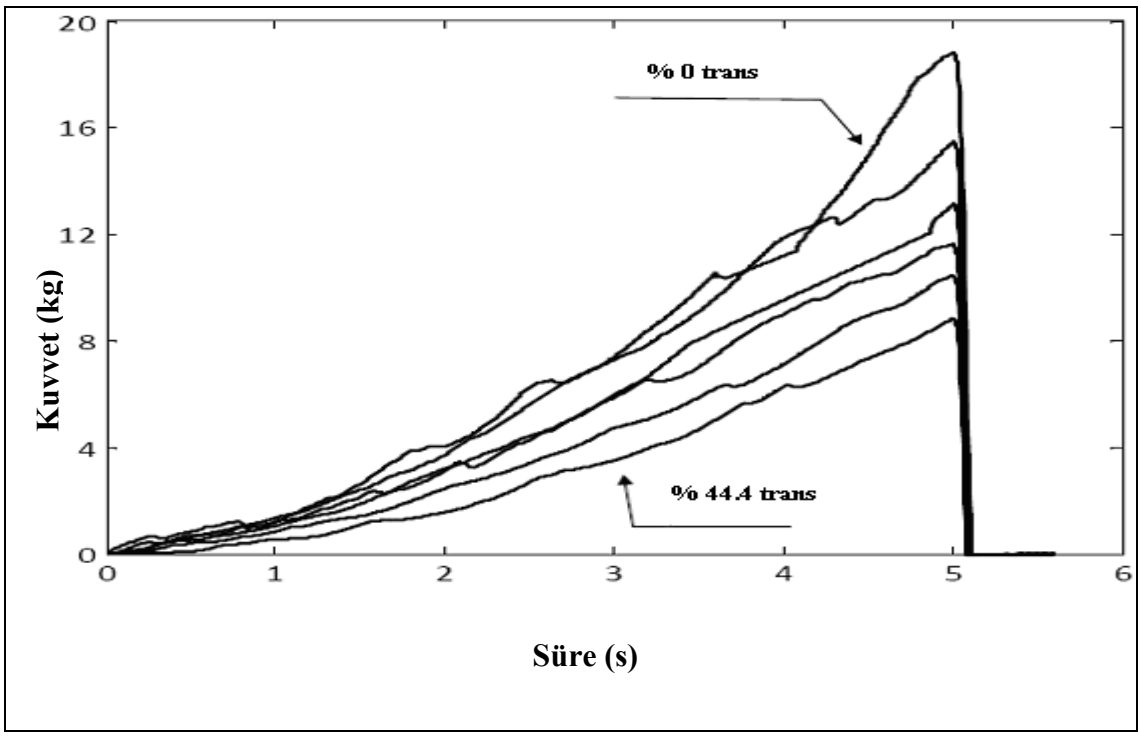


Şekil 4.22 1 nolu gruba ait yağ örneklerinin 10 °C'daki kuvvet-zaman ölçümleri

Açıkça görüldüğü gibi, artan trans yağ miktarı yağların sertliklerinde önemli bir düşüşe sebep olmuştur. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi 10 °C'da bütün örnekler tamamen aynı katı yağ oranına sahiptir, fakat %0 ve %56 trans yağ asidi içeren örneklerin sertlik değerlerinde yaklaşık 3 kata varan farklılıklar gözlenmiştir. Dolayısıyla yağ örneklerinin katı yağ oranlarının benzer olması tekstürel özelliklerinin de benzer olacağı anlamına gelmemektedir. Çalışmalara önce 11 adet yağ ile başlanmıştır. Ancak bu yağların trans asit içeriğindeki artışa göre aynı davranışları sergiledikleri görülmüştür. Bu nedenle zamandan kazanmak amacıyla aralarında belli bir oran bulunan 6 örnek seçilmiş,

çalışmalar bu örneklerle sürdürülmüştür. 1 nolu gruba ait olan bu 11 adet örnek ve bu örneklerle hazırlanan hamurların doku analizi cihazı kullanılarak elde edilen grafiklerine, örneklerin trans asit değişimine karşı gösterdikleri benzer davranışların görülebilmesi için ilgili bölümlerde yer verilmiştir.

%0-44.4 trans asit içeren 2 nolu gruba ait yağ örneklerinin kuvvet-zaman grafikleri Şekil 4.23'de verilmiştir. Şekil 4.22 ve Şekil 4.23 incelendiğinde 1 nolu gruba ait bulgular ile 2 nolu gruba ait bulguların birbirine benzer bir eğilim gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.23 2 nolu gruba ait yağ örneklerinin 10 °C'daki kuvvet-zaman ölçümleri

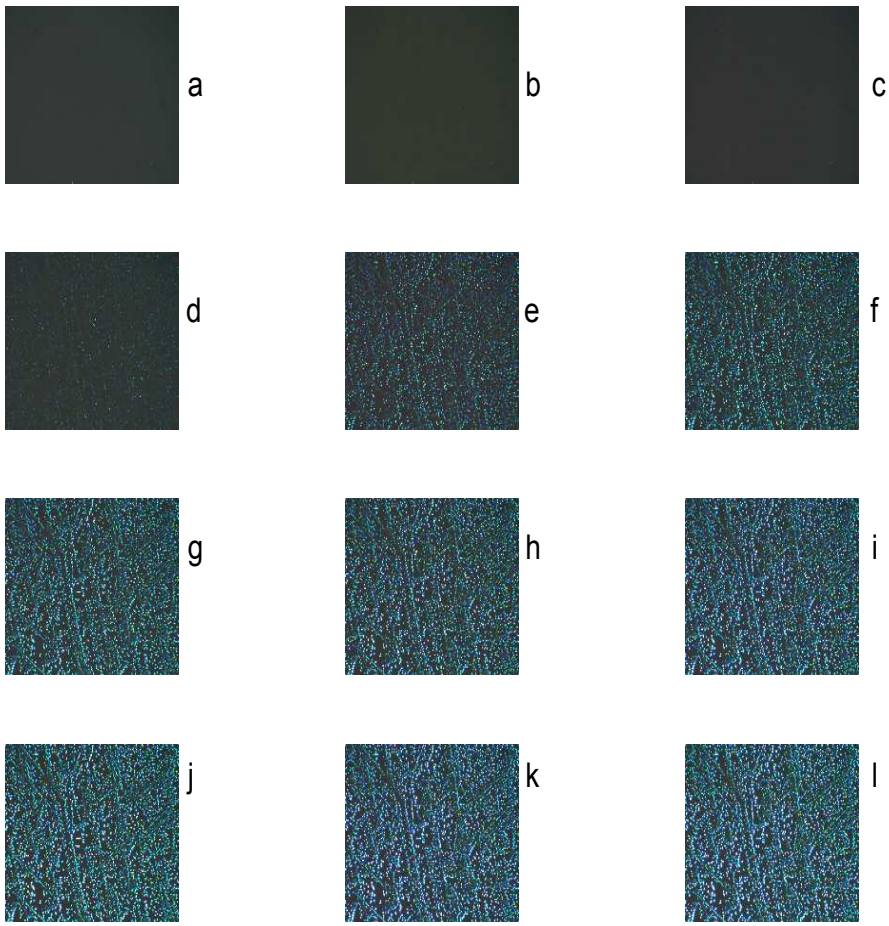
Şekil 4.23'de görüldüğü gibi, artan trans yağ miktarı yağların doku analizi cihazı ile ölçülen sertliklerinde önemli bir düşüşe sebep olmuştur. Bu sonuç viskoelastik ölçümler sonucu elde edilen elastik ve viskoz modülüz değerleri ile tamamen ters orantılıdır.

Yukarıda verildiği gibi gerek elastik gerekse viskoz modülüz değerleri artan trans yağ miktarı ile artış göstermiştir. Her iki ölçüm arasındaki fark süredir. Doku analizi cihazı ile elde edilen sertlik değerleri 2 günlük bir bekleme sonucunda elde edilmiştir. Bu da düşük trans yağ içeren örneklerin daha yavaş kristal oluşturmalarına rağmen yeterli süre verilirse kristal gelişimlerini tamamlayacakları ve yüksek trans yağ içeren örneklerden daha sert bir yapıya sahip olacaklarını göstermektedir.

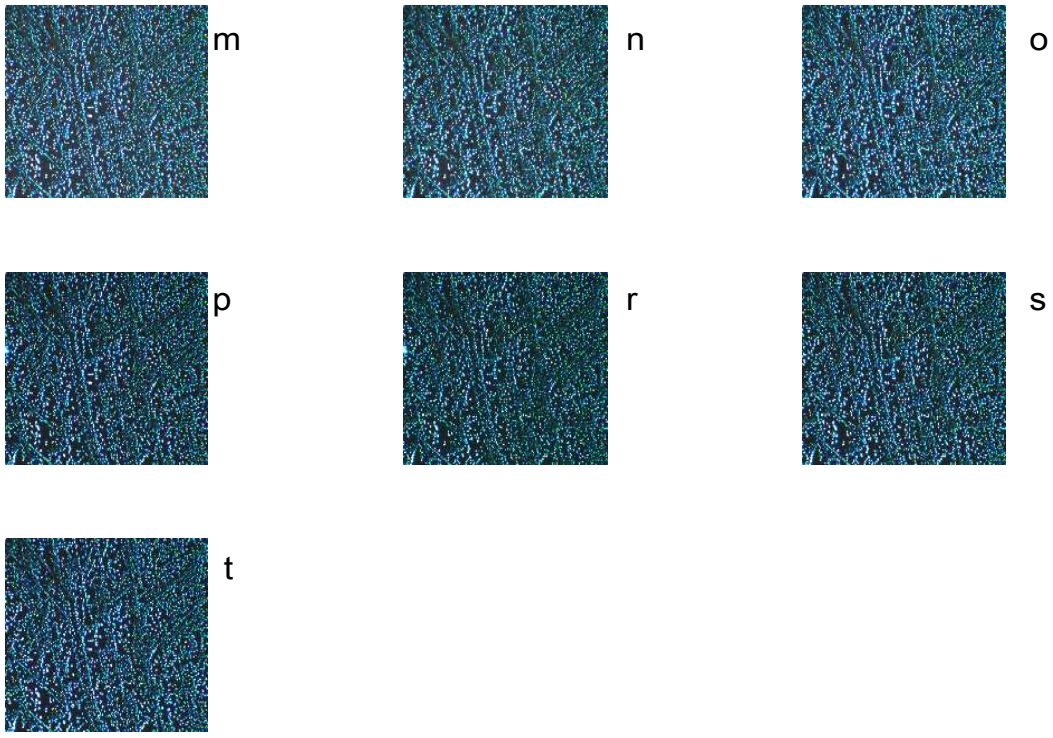
Bu çalışma 3 nolu gruba ait örnekler için, yağ örneklerinin sıvı olması nedeniyle yapılmamıştır.

4.4 Yağların mikro yapısına ait ölçüm değerleri

Trans yağ asitlerinin özellikle kristalleşme üzerine etkisini ve fraktal boyut olarak verilen mikro yapısal özelliğin trans yağ miktarıyla nasıl değiştiğini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışma kapsamında, öncelikle %0-56 arasında trans yağ oranına sahip olan 1 nolu gruptaki yağ örneklerinin sıcaklığı, 30 saniye içinde 80 °C'dan 10 °C'a indirilmiş ve her 60 saniyede bir alınan resimler ile kristal oluşumu izlenmiştir. Şekil 4.24'de verilen 19 adet resim 1 nolu gruptaki yağlar içinde trans yağ asidi içermeyen örneğe aittir.

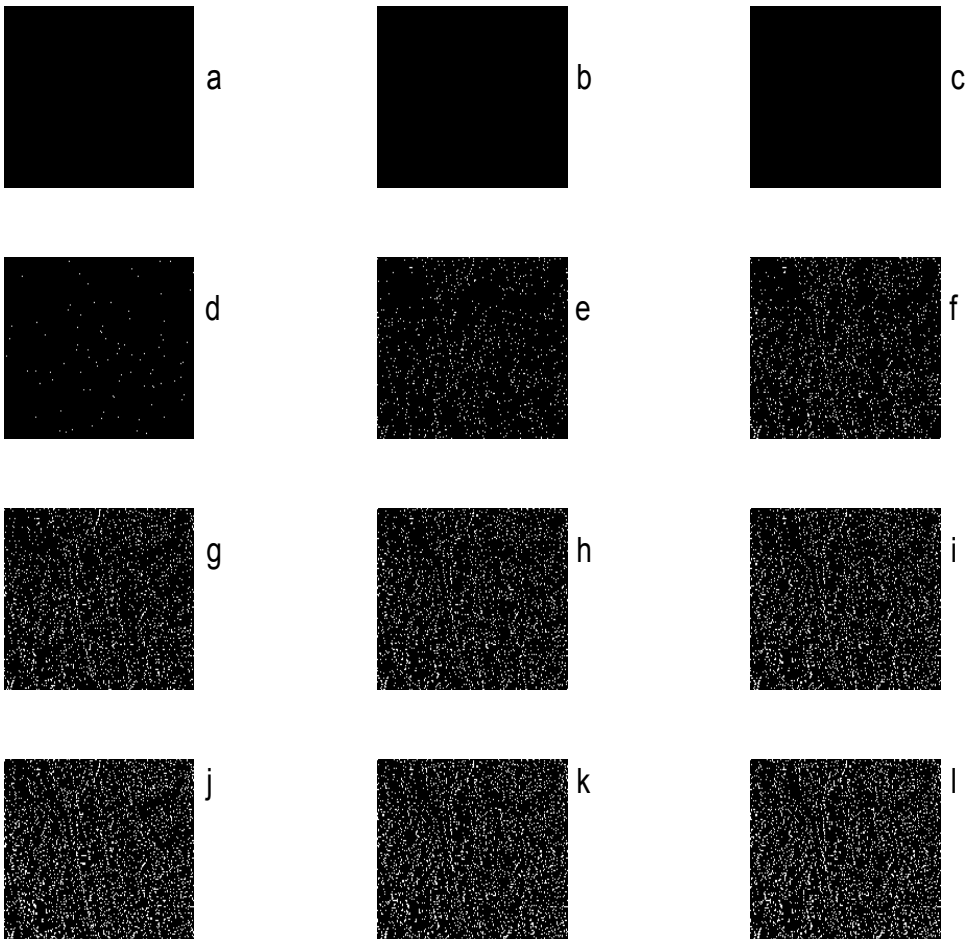


Şekil 4.24 1 nolu gruptaki trans yağ asidi içermeyen yağ örneğinin 10 ˚C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler

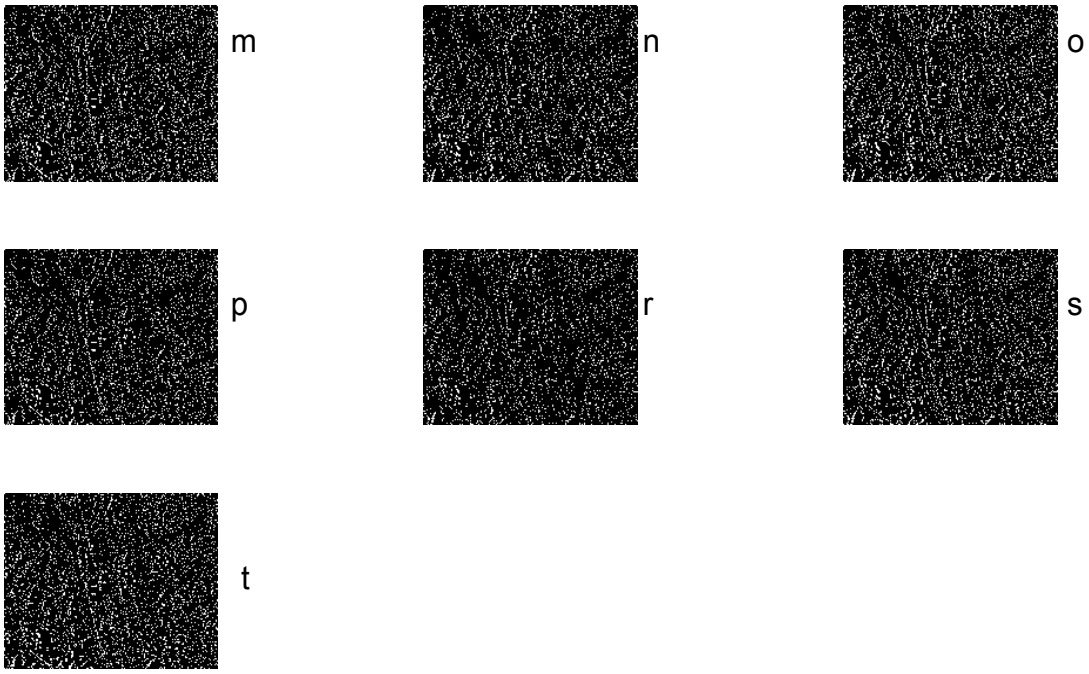


Şekil 4.24 1 nolu gruptaki trans yağ asidi içermeyen yağ örneğinin 10 ˚C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler (devam)

Bu resimlerde görülebileceği gibi, çekilen ilk 4 resimde herhangi bir kristal oluşumuna rastlanmamıştır. Zamanın ilerlemesiyle kristaller görülmeye başlamış ve zamanla kristal sayısı süratle artarak sabit bir değere ulaşmıştır. Özellikle Şekil 4.24'de verilen r, s ve t resimlerinde kristal oluşumunun sabitlendiği görülmektedir. Elde edilen bu resimlerle ilgili hesaplamaların yapılabilmesi için Matlab programı kullanılarak bir takım imaj işleme tekniklerinden yararlanılmış ve Şekil 4.25'de verilen eşik değerden geçirilmiş, arka planı sadeleştirilmiş siyah beyaz resimler elde edilmiştir.

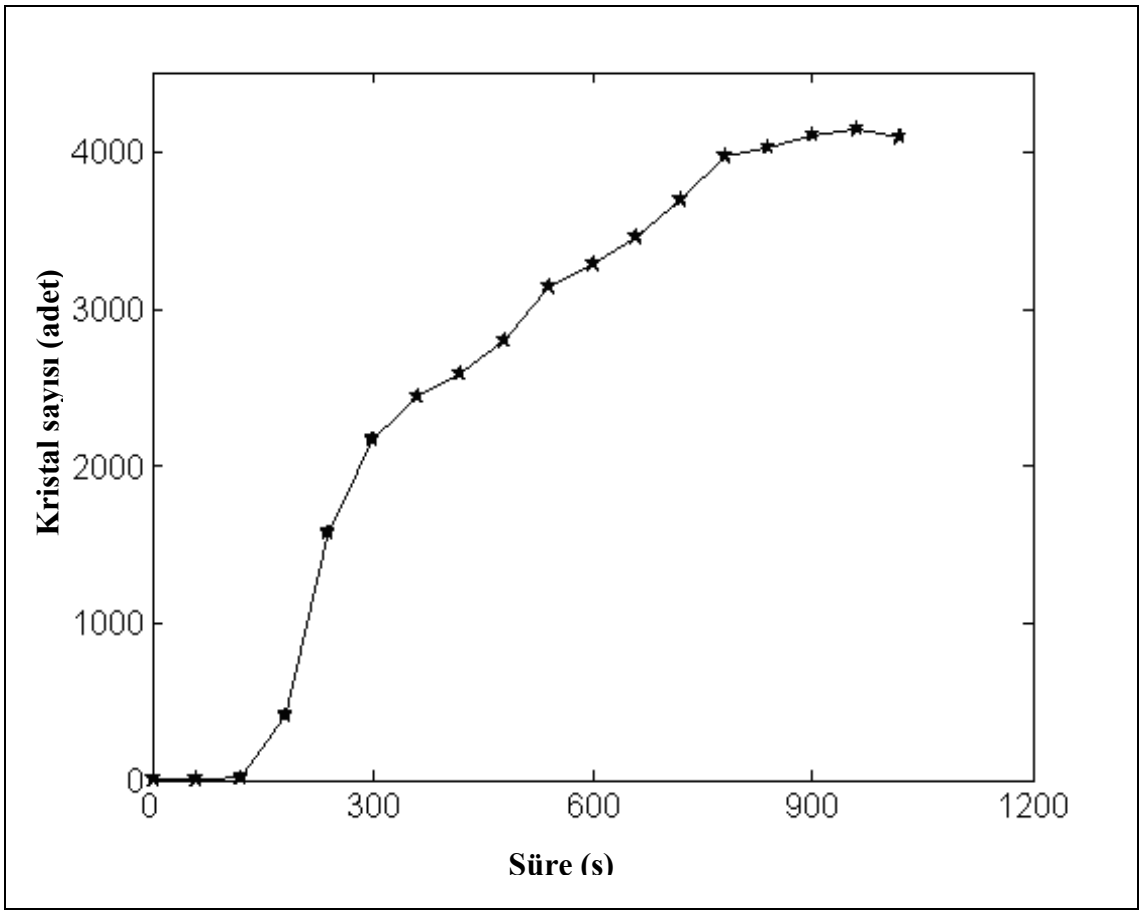


Şekil 4.25 Şekil 4.24'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri

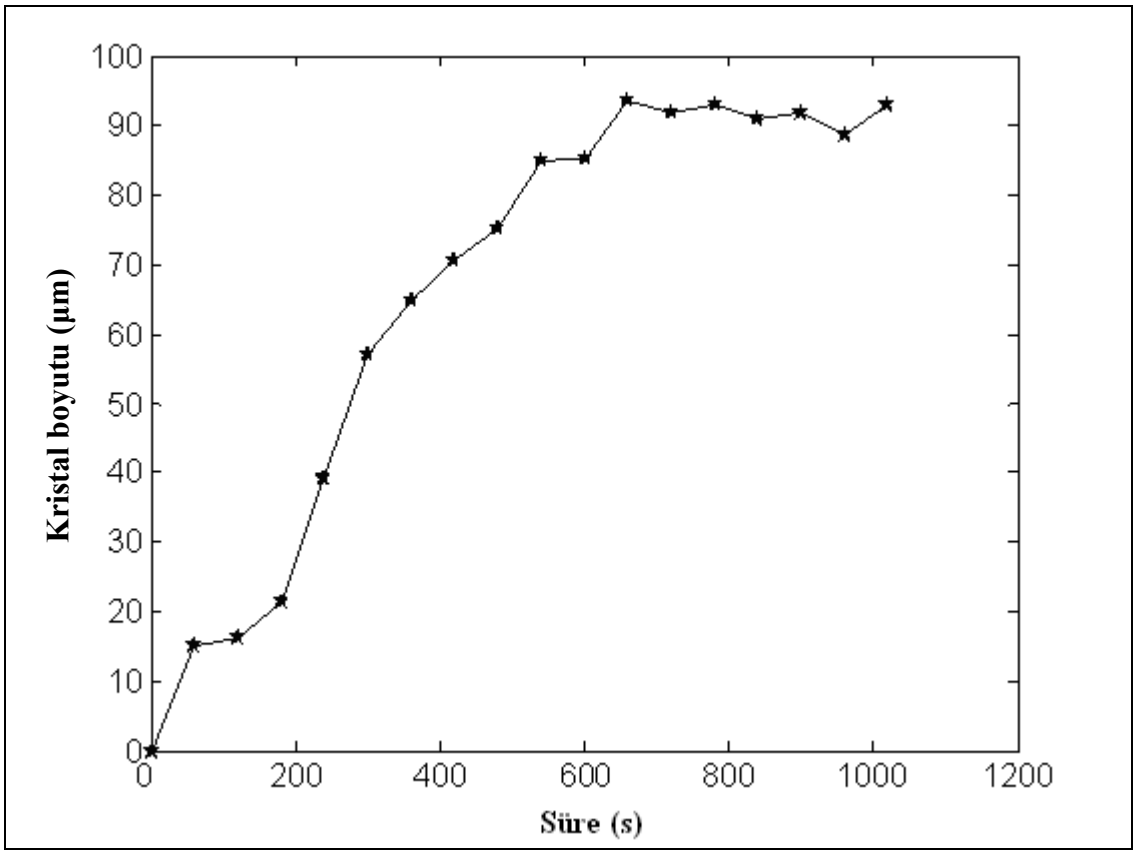


Şekil 4.25 Şekil 4.24'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri (devam)

Şekil 4.25'de görülebileceği gibi ilk resimlerde kristal sayısı sıfır veya sıfıra yakındır. Fakat zaman ilerledikçe, kristal sayısında hızlı bir artış görülmüş ve bu artış bir süre sonra sabitlenmiştir. Şekil 4.25'deki işlemden geçirilmiş resimler ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen, zamana karşı kristal adedi ve ortalama kristal boyutu grafikleri ise Şekil 4.26 ve Şekil 4.27'de verilmiştir. Şekil 4.26'da görüldüğü gibi, 1 nolu gruba ait %0 trans yağ içeren örnekte kristal sayısı 10 °C'da ve ölçülen yüzey alanda yaklaşık 4000 adede ulaşmıştır.



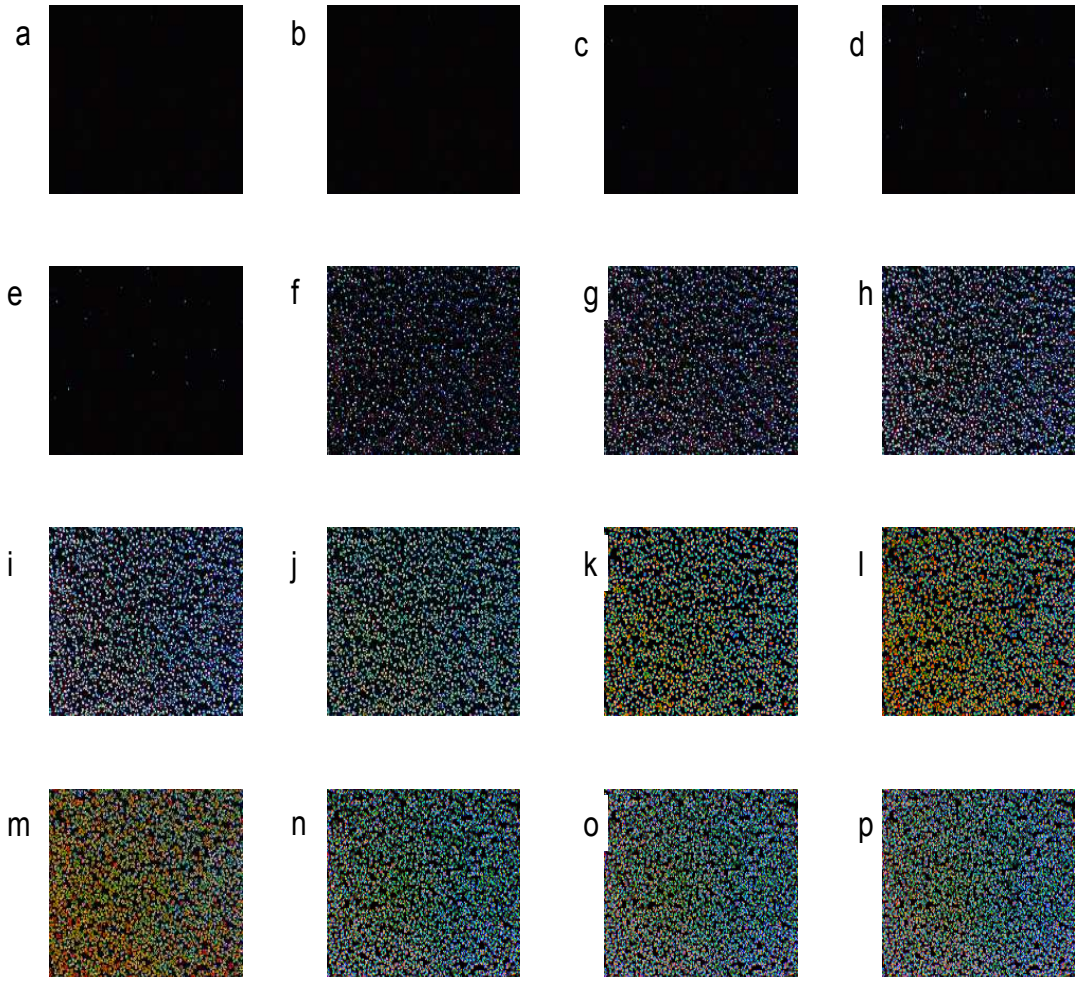
Şekil 4.26 Şekil 4.25'de verilen resimlerden elde edilmiş kristal sayısının zamana göre değişimi



Şekil 4.27 Şekil 4.25'de verilen resimlerden elde edilmiş kristal boyutunun zamana göre değişimi

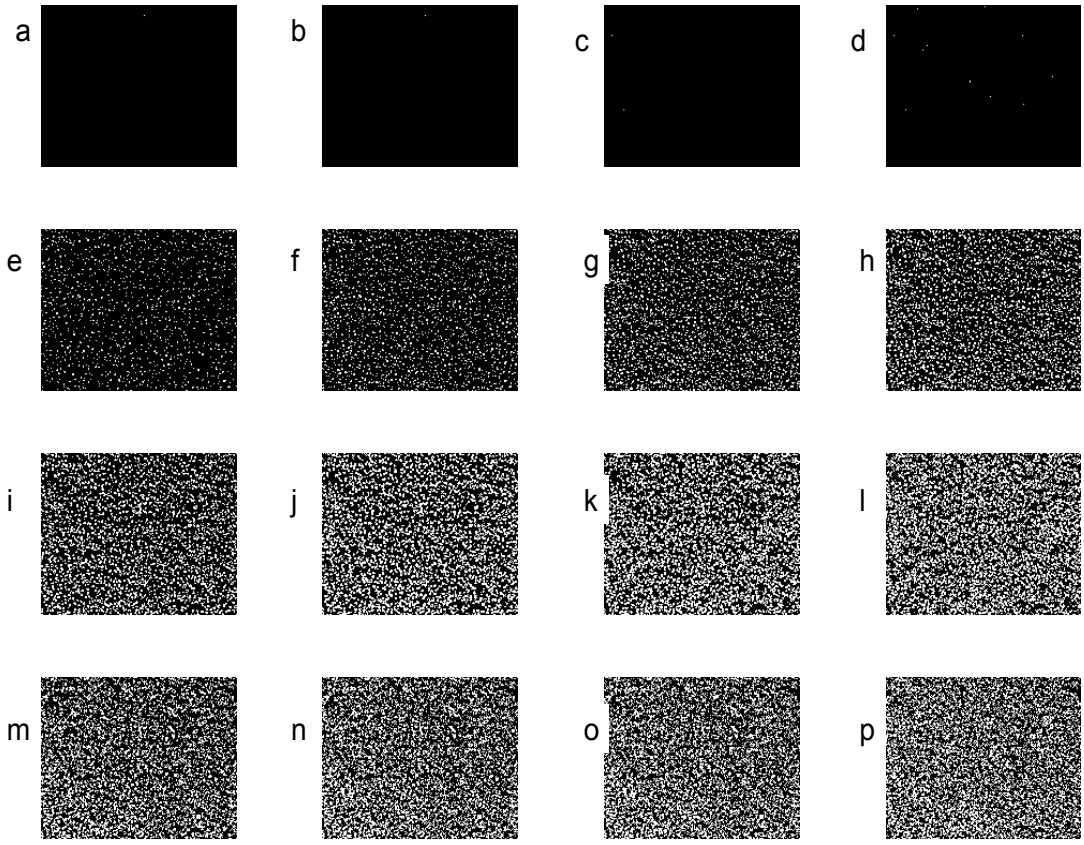
Şekil 4.27'de verilen grafikten görülebileceği gibi, ortalama kristal boyutu, sıcaklığın 10 °C'a indirilmesinin ardından hızla artmaya başlamış ve yaklaşık 95 µm civarında sabit bir değere ulaşmıştır.

Şekil 4.28 ise, yine 1 nolu gruba ait olan ve %56 oranında trans asit içeren örneğe aittir. Burada verilen 16 adet resim, %56 oranında trans yağ içeren örneğin sıcaklık kontrollü mikroskop düzeneğinde 80 °C'dan 10 °C'a 30 saniye içinde soğutulmasından sonra alınmaya başlamış resimlerdir. Ayrı harflerle gösterilen her bir resim 60 saniye arayla alınmış olup, 10 °C'daki kristalleşmeyi göstermektedir.



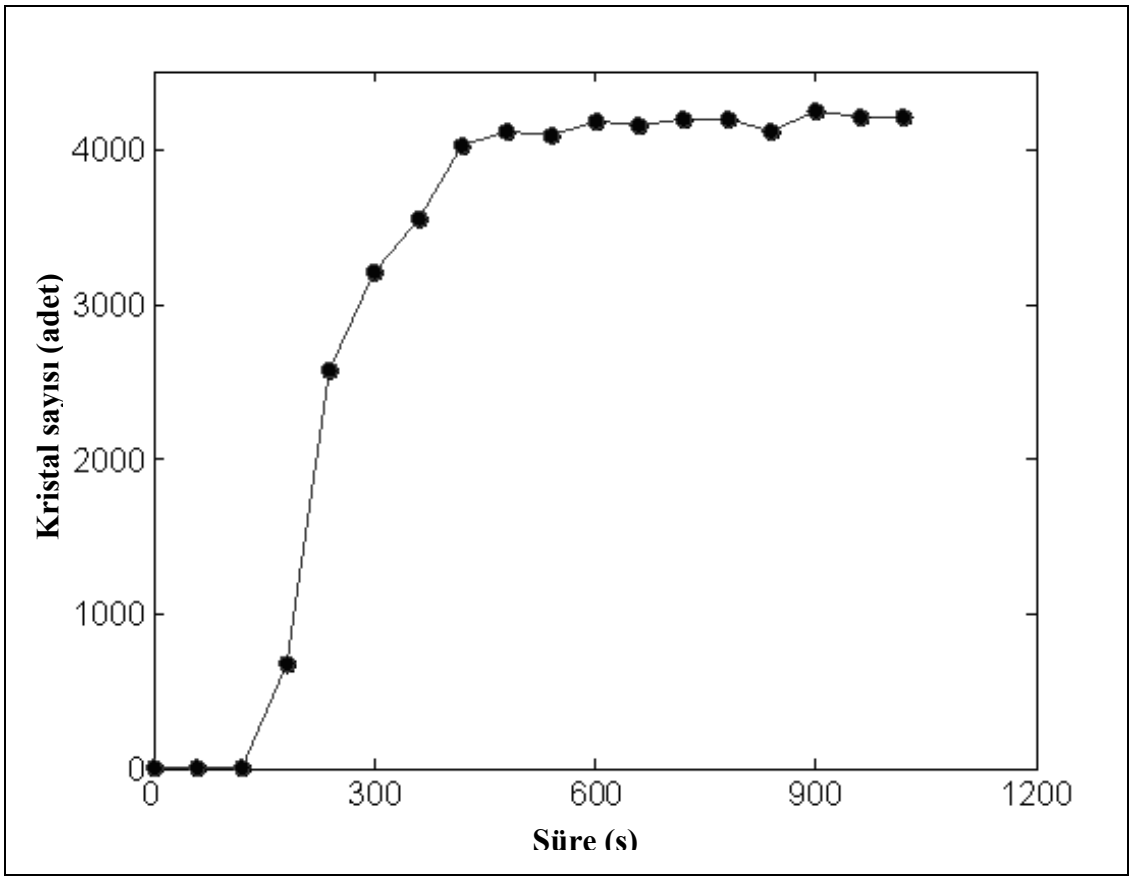
Şekil 4.28 1 nolu gruptaki %56 oranında trans yağ asidi içeren örneğin 10 ˚C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler

Daha önce belirtildiği gibi bu resimler üzerinde bir hesaplama yapılabilmesi için, bazı ön işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Bu işlemlerden geçirilmiş siyah-beyaz resimler Şekil 4.29'da verilmiştir.



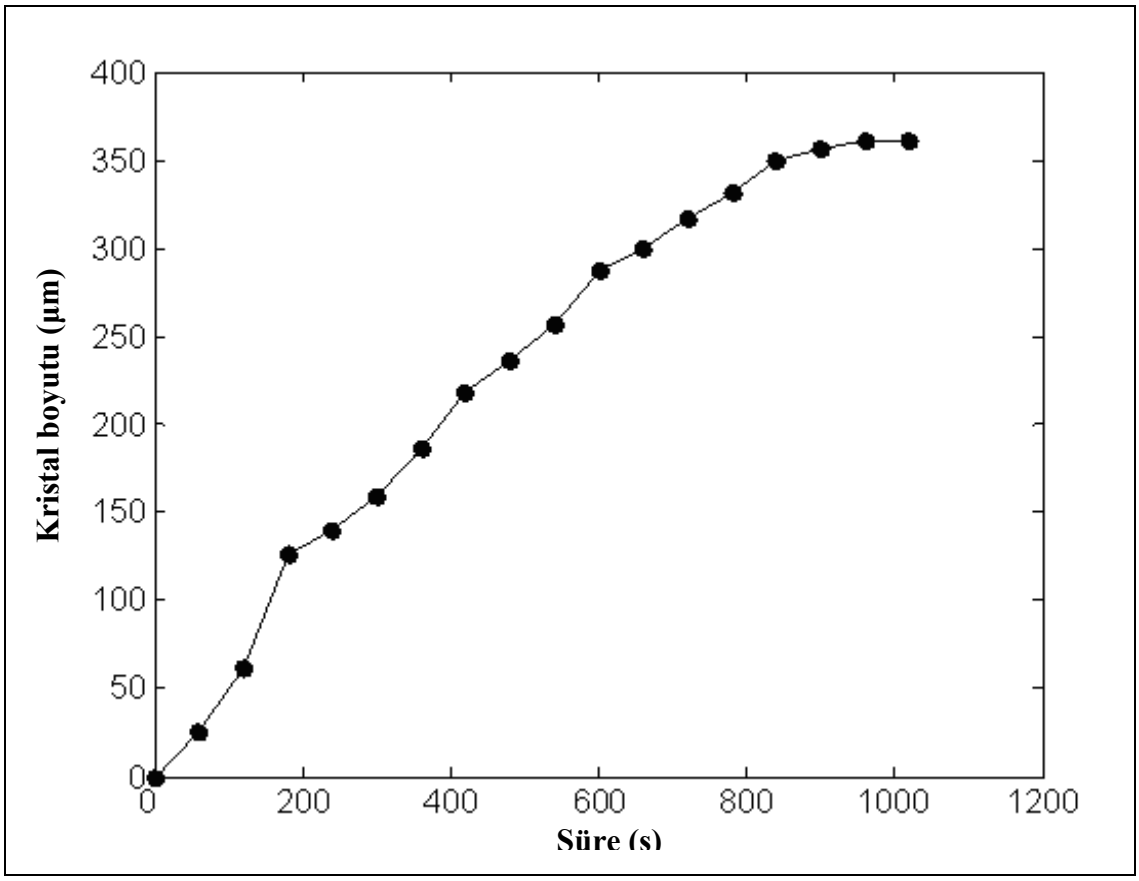
Şekil 4.29 Şekil 4.28'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri

Şekil 4.29'da verilen resimler arasında yer alan 'k' resminden sonra kristal sayısı belirli bir sabit değere ulaşmıştır. Şekil 4.30'da ise Şekil 4.29'da verilen resimler kullanılarak hesaplanan kristal sayısının zamana göre değişim grafiği verilmiştir. Şekil 4.26'da verilen ve trans yağ içermeyen örneğe benzer olarak, %56 oranında trans yağ içeren örnek de kristal oluşumuna yaklaşık 2 dakika sonra başlamış ve ölçülen yüzey alan içindeki kristal adedi yaklaşık 4000'e ulaşmıştır.



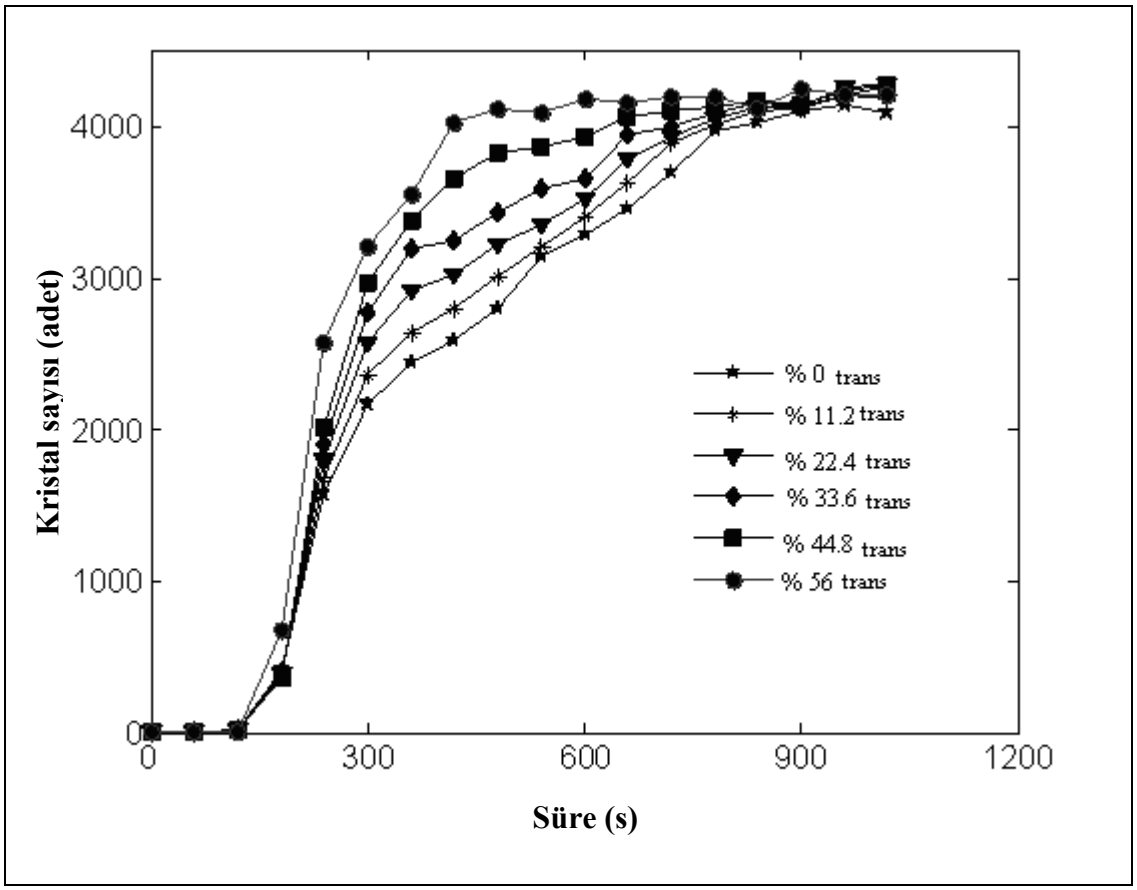
Şekil 4.30 Şekil 4.29'da verilen resimlerden elde edilmiş kristal sayısının zamana göre değişimi

1 nolu gruba ait %56 oranında trans yağ içeren örnek için, ortalama kristal boyutunun zamana karşı değişim grafiği ise Şekil 4.31'de verilmiştir. %56 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait kristal boyutu değerleri, Şekil 4.27'de verilen trans yağ içermeyen örneğinkine benzer bir şekilde, zamanla artış göstermiştir. Fakat ulaşılan ortalama boyut, trans yağ içermeyen örneğe göre yaklaşık 4 kat daha büyük olmuştur.



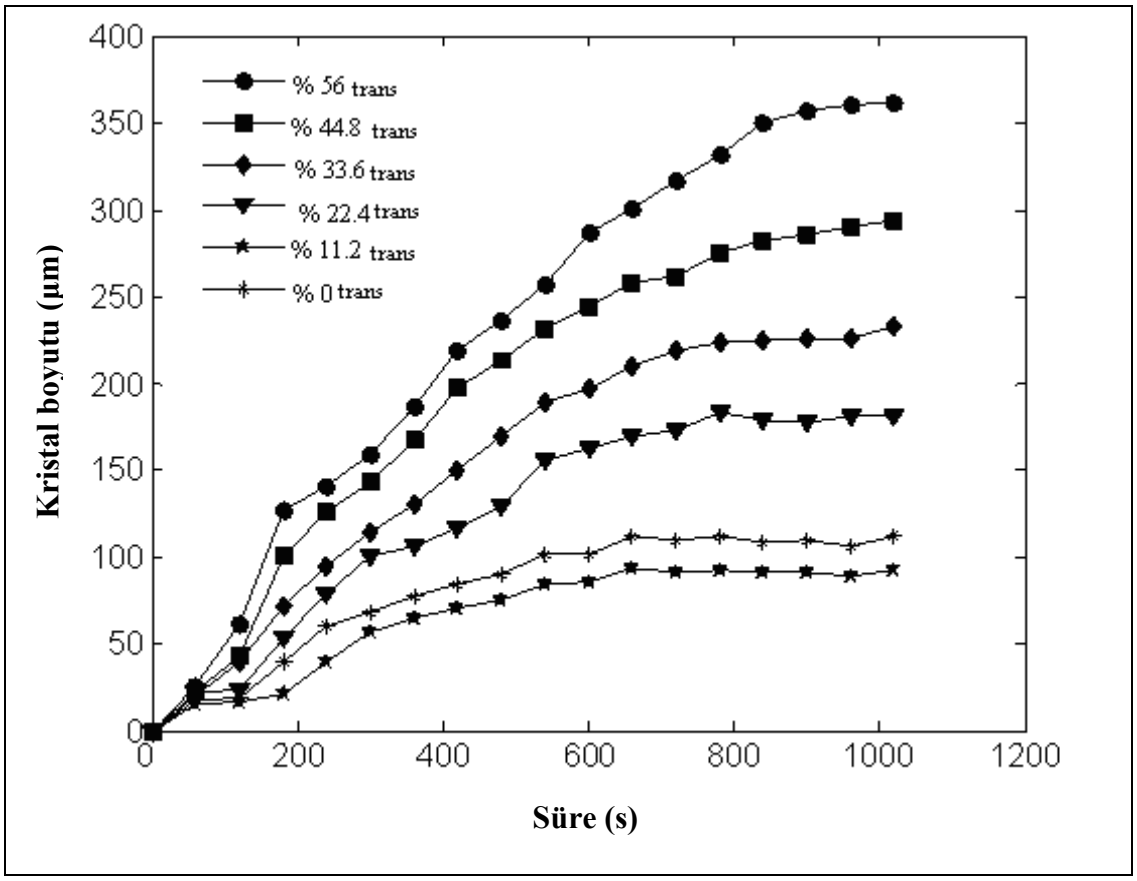
Şekil 4.31 Şekil 4.29'da verilen resimlerden elde edilmiş kristal boyutunun zamana göre değişimi

Grup 1'e ait örnekler arasında yer alan diğer yağ örnekleri, yani %11.2, 22.4, 33.6 ve 44.8 oranında trans asit içeren örneklerle de benzer şekilde çalışılmış ve zamana karşı kristal sayısı ve ortalama kristal boyutu verileri elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar toplu olarak Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'de verilen grafiklerde görülmektedir. Şekil 4.32'de 1 nolu gruba ait tüm yağlarda kristal sayısının zamana karşı değişimi verilmiştir.



Şekil 4.32 1 nolu gruba ait bütün yağların kristal sayısının zamana göre değişimi

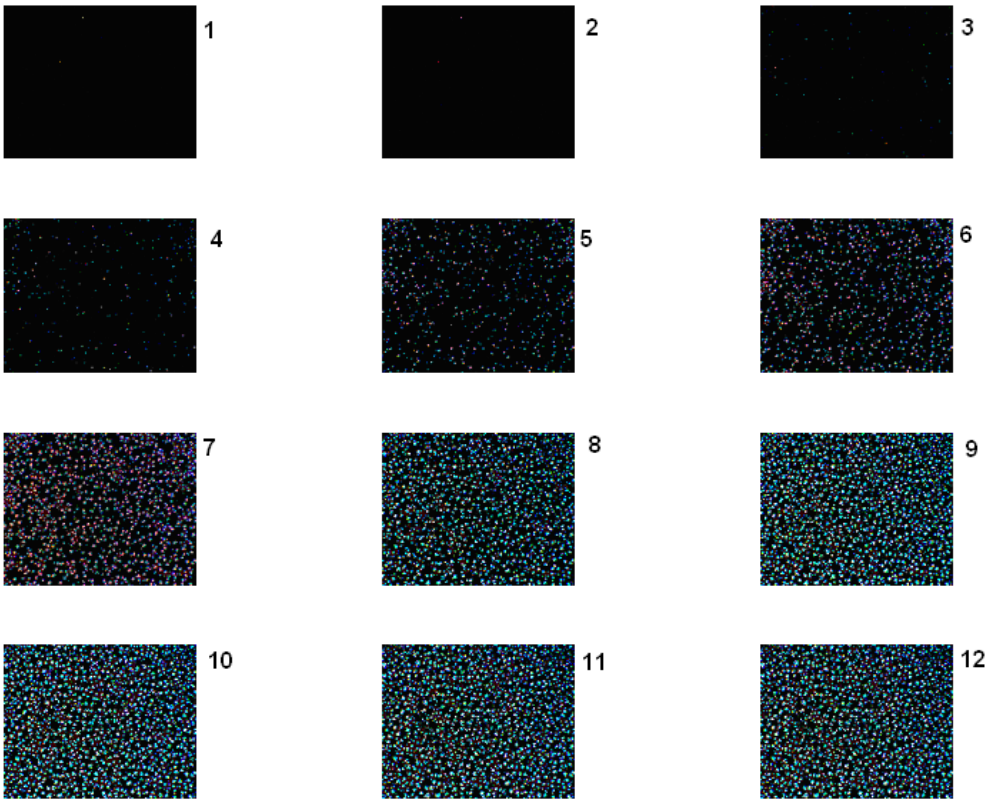
Şekil 4.32'den de görülebileceği gibi, bütün örnekler sonuç olarak benzer sayıda kristal sayısına ulaşmış fakat bu son noktaya ulaşmaları farklı hızlarda olmuştur. Yüksek trans yağ asidi içeren örnekler, göreceli olarak düşük trans asit içerenlere göre kristal sayısını daha hızlı artırmıştır. Ayrıca bu sonuçlar reolojik ölçümler ile de uyuşmaktadır. Şekil 4.33'de ise %0-56 oranında trans yağ asidi içeren 1 nolu gruba ait örneklerin ortalama kristal boyutlarının zamana karşı değişimleri verilmiştir.



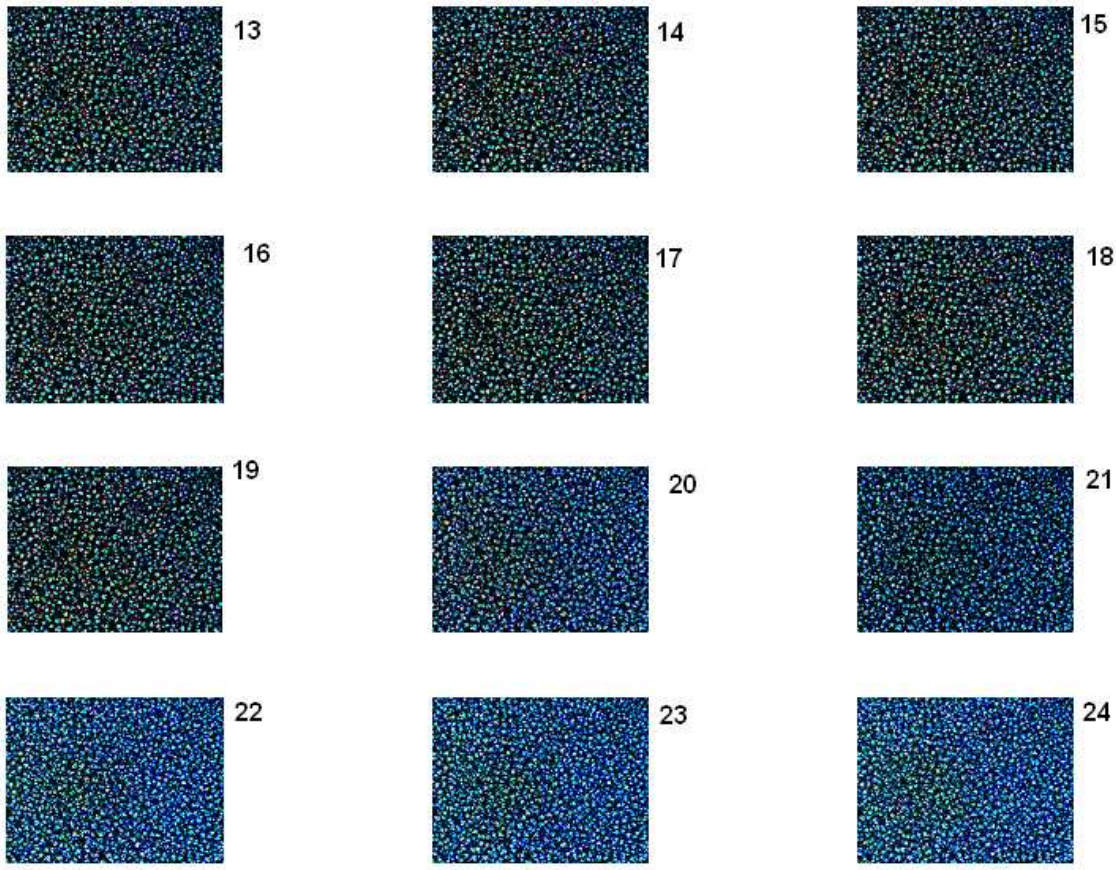
Şekil 4.33 1 nolu gruba ait bütün yağların ortalama kristal boyutunun zamana göre değişimi

Yukarıdaki şekilde çok açıkça görülebileceği gibi, trans yağ miktarı oluşan kristallerin ortalama boyutunu çok yakından ilgilendirmektedir. Benzer katı yağ oranına sahip örneklerde artan trans yağ miktarı, 10 °C'da oluşan ortalama kristal boyutlarında önemli bir artışa neden olmuştur. 1 nolu grup ile yapılan çalışmalar açıkça göstermiştir ki, trans yağ oranı kristalleşme hızı ve boyutu üzerine etkilidir.

Benzer bir çalışma 2 nolu grup için de yapılmıştır. Şekil 4.34'de verilen 24 adet resim 2 nolu gruba ait olan ve %44.4 oranında trans yağ içeren örnekten elde edilmiştir.



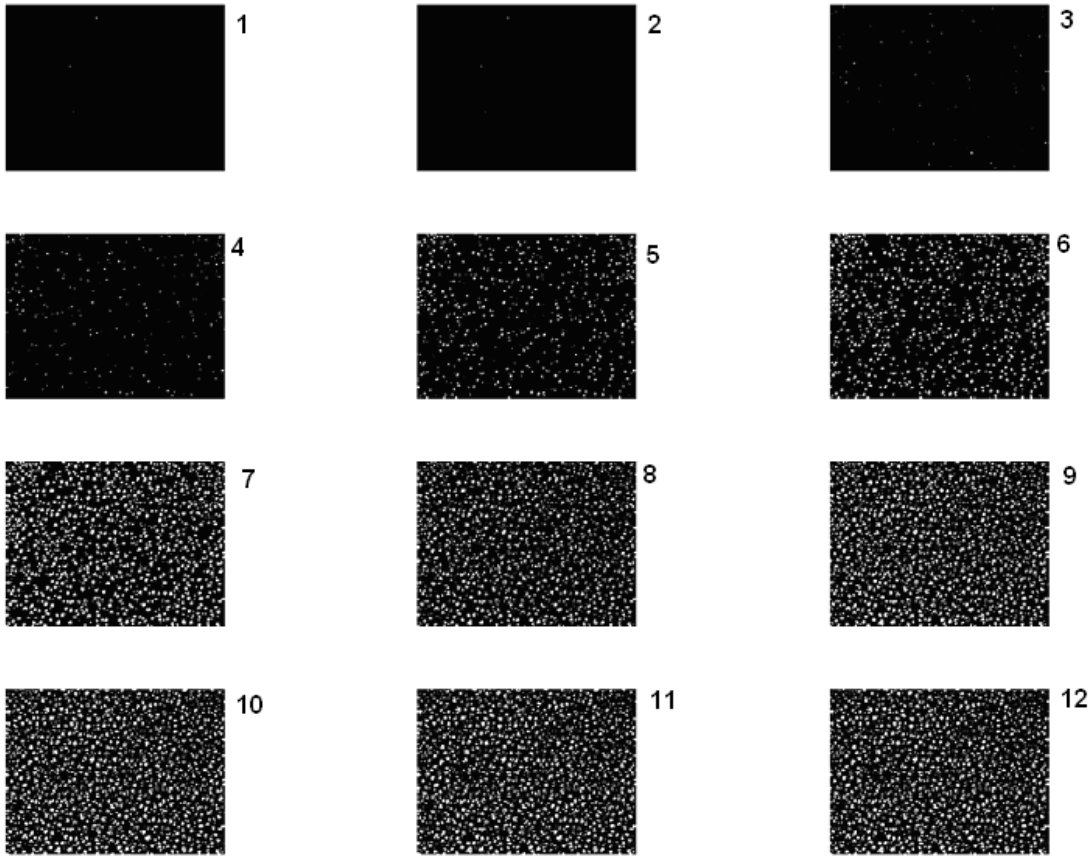
Şekil 4.34 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğin 30 °C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler



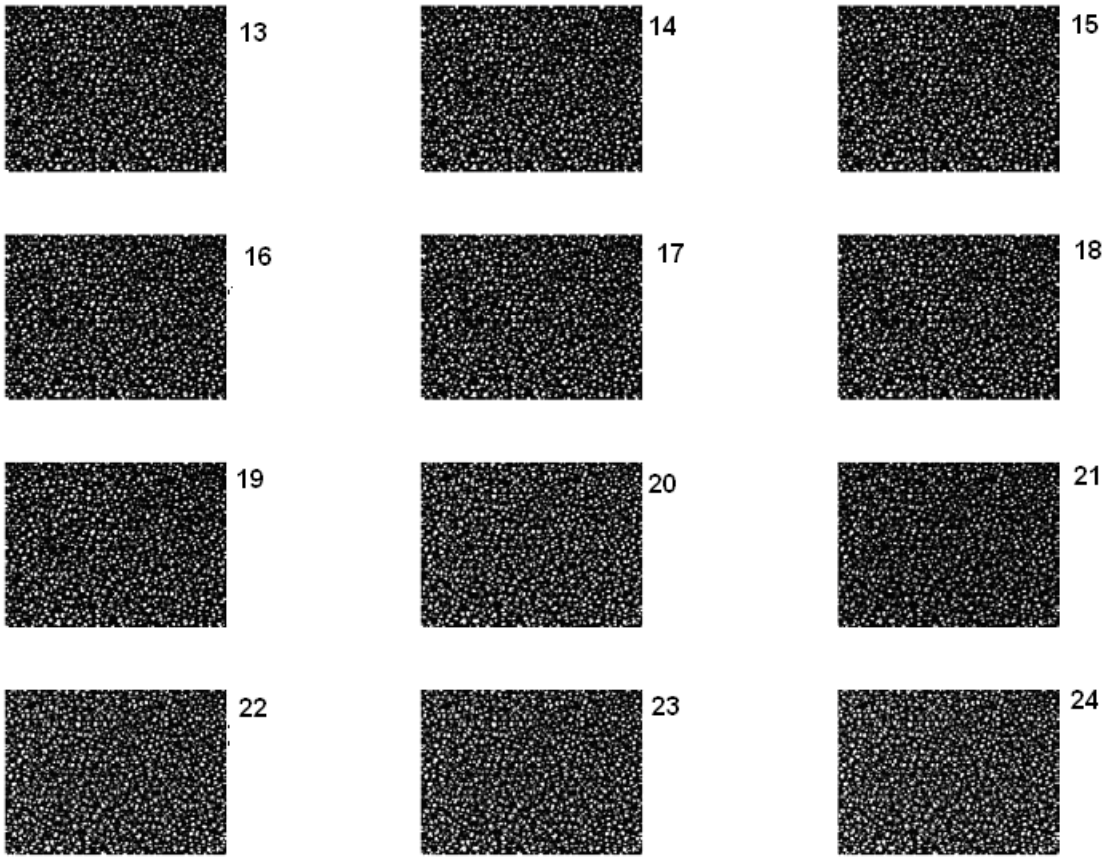
Şekil 4.34 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğin 30 °C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler (devam)

Burada verilen 24 adet resim, %44.4 oranında trans yağ içeren örneğin sıcaklık kontrollü mikroskop düzeneğinde 80 °C'dan 30 °C'a 30 saniye içinde soğutulmasından sonra alınmaya başlamış resimlerdir. Bir önceki gruptan farklı olarak 30 °C'luk sıcaklık kullanılmıştır. 10 °C'luk ve 21 °C'luk sıcaklıklar da denenmiş fakat yağ örnekleri yüksek katı yağ oranları sebebiyle çok hızlı kristal oluşturmuşlardır. Sonuç olarak örnekler arasında ayırt edici farklılıklar da sınırlı olmuştur. Şekil 4.34'de verilen her bir resim 30 saniyelik periyotlar içinde kaydedilmiştir. 1 nolu grupla ilgili sonuçlara benzer olarak, 30 °C'a soğutulma işleminin ardından kristalleşme başlamış ve yaklaşık 60 saniye sonunda kristaller belirgin bir biçimde çoğalmışlardır. Yaklaşık 10 dakika sonunda ise sabit bir değere ulaşmışlardır. Resimlere bakılarak sonuçlarla ilgili bir fikir elde edilebilmesine rağmen, ilgili hesaplamaların yapılabilmesi için Şekil 4.34'de

verilen 24 adet resim, resim-işleme teknikleri kullanılarak Şekil 4.35'de verilmiş olan siyah-beyaz forma dönüştürülmüştür.

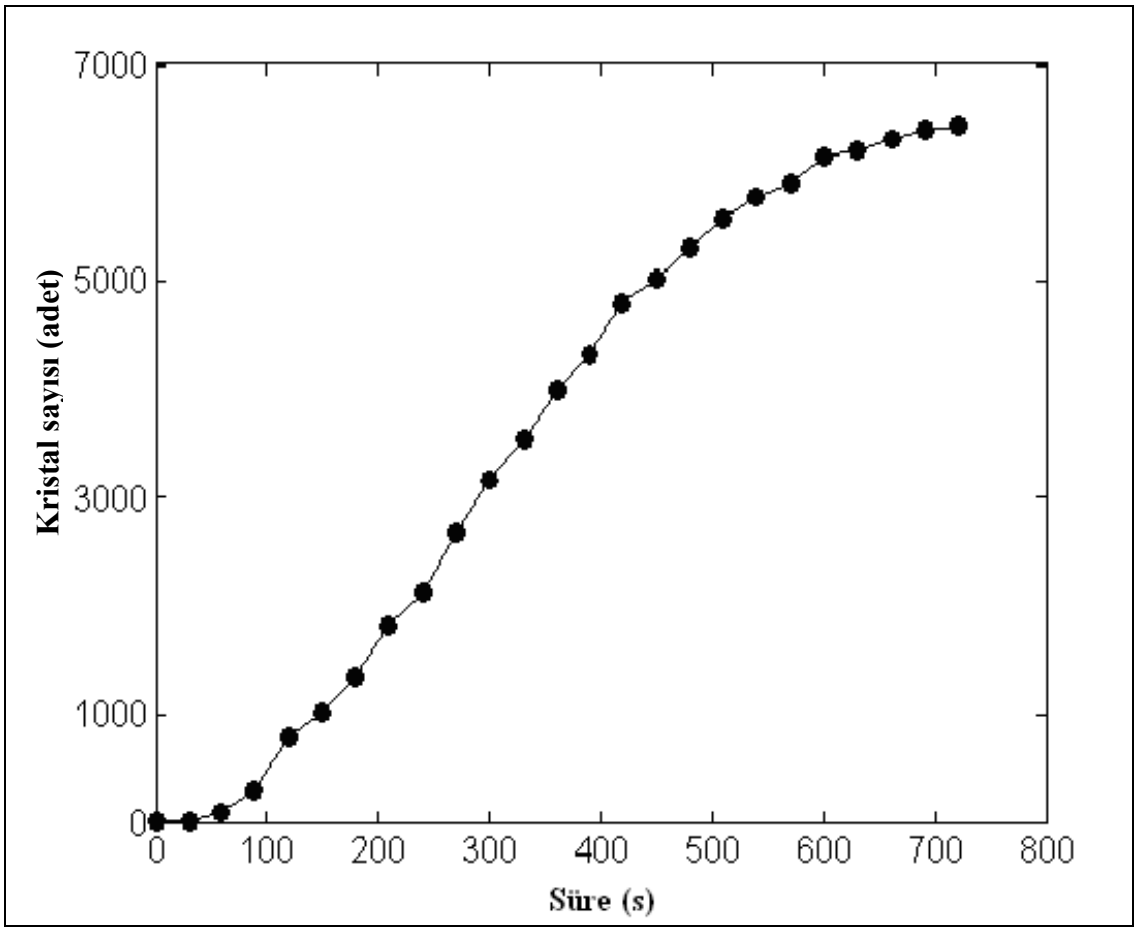


Şekil 4.35 Şekil 4.34'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri



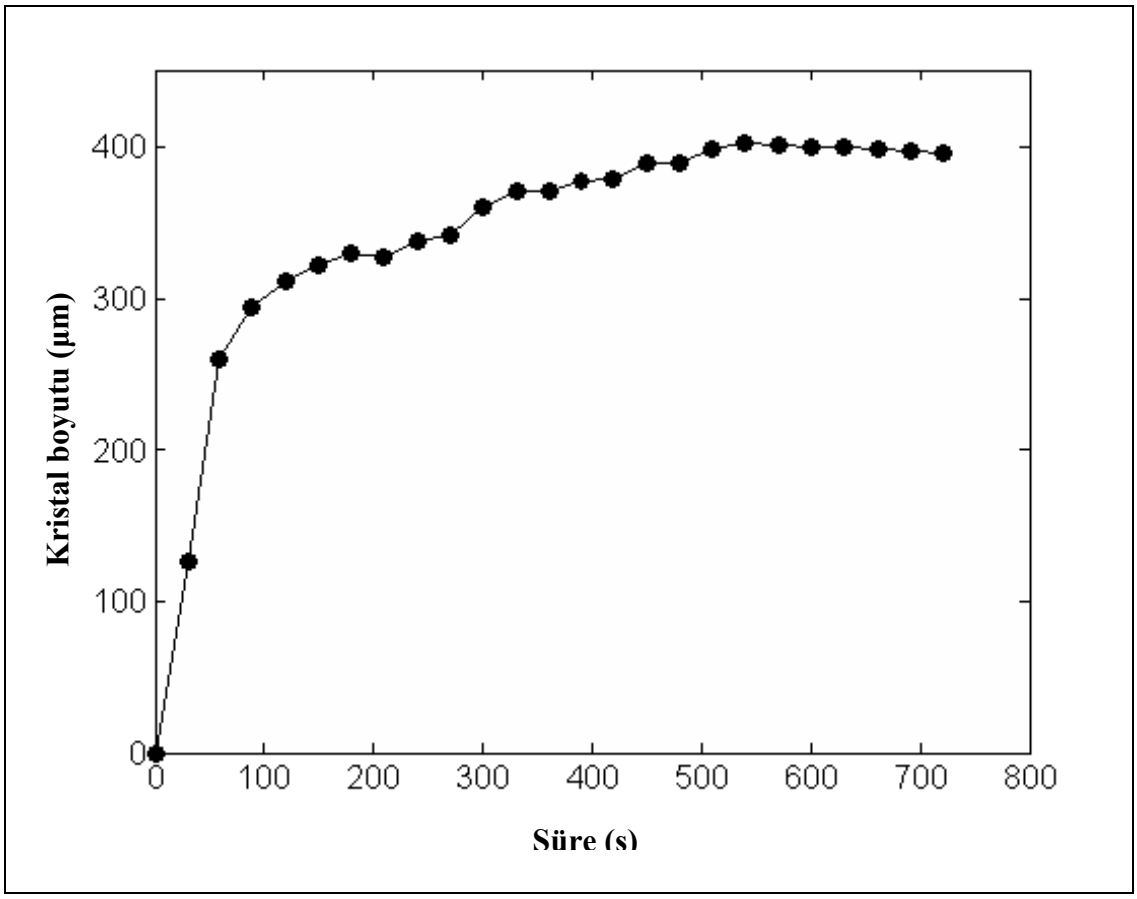
Şekil 4.35 Şekil 4.34'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri (devam)

Şekil 4.35 kullanılarak elde edilen kristal sayısının ve ortalama boyutunun zamana karşı değişim grafikleri ise Şekil 4.36 ve Şekil 4.37'de gösterilmiştir. Şekil 4.36'da görülebileceği gibi ilk 90 saniyelik zaman diliminde kristal sayısı sıfır veya sıfıra yakındır. Fakat ilerleyen zaman ile birlikte kristal sayısında hızlı bir artış görülmüştür. Bu artış bir süre sonra önceki örneklerde olduğu gibi sabit bir değere ulaşmıştır. 2 nolu gruba ait %44.4 oranında trans yağ içeren örnekte kristal sayısı 30 °C'da ve ölçülen yüzey alanda yaklaşık 7000 adede yaklaşmıştır.



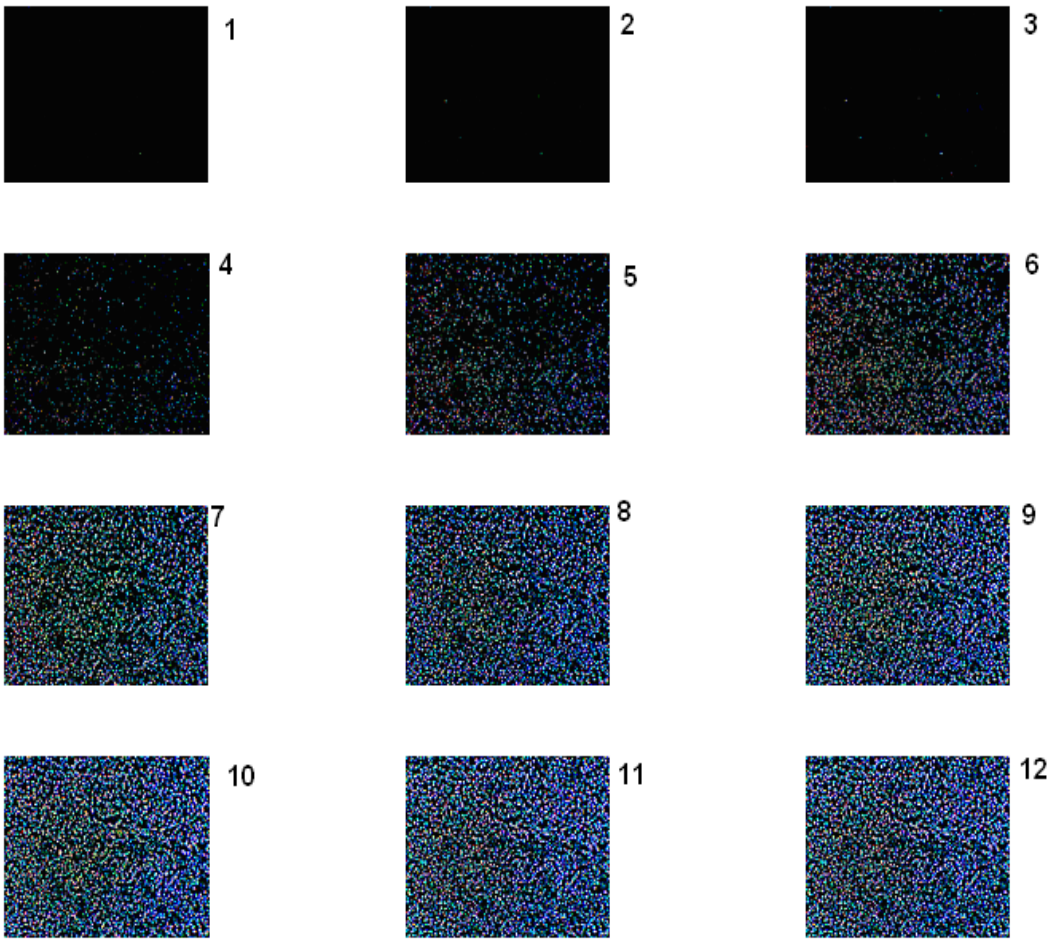
Şekil 4.36 Şekil 4.35'de verilen resimlerden elde edilmiş kristal sayısının zamana göre değişimi

Şekil 4.37'de de yine Şekil 4.35'de verilen resimler kullanılarak hesaplanan kristal boyutlarının zamana karşı değişimi verilmiştir. Grafikten de görülebileceği gibi, ortalama kristal boyutu, sıcaklığın 30 °C'a indirilmesini takiben hızla artmaya başlamış ve yaklaşık 400 μm civarında sabit bir değere ulaşmıştır.

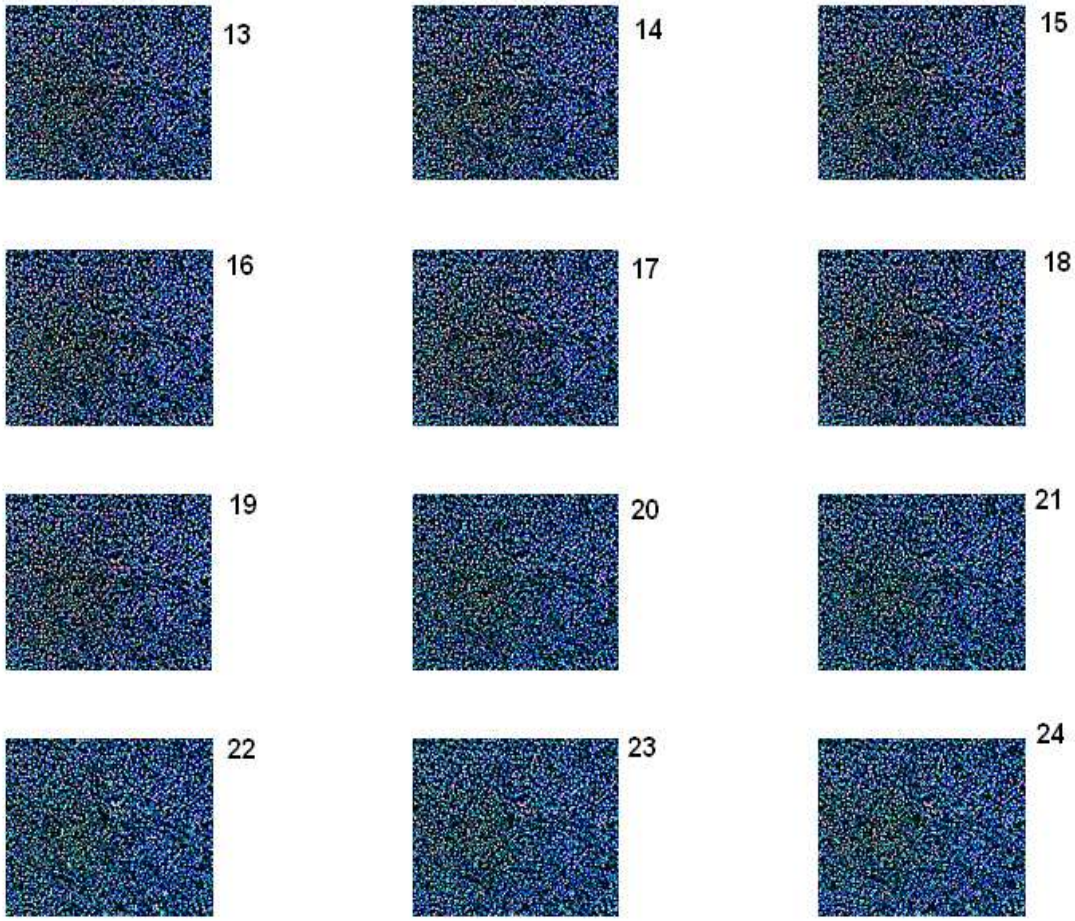


Şekil 4.37 Şekil 4.35'de verilen resimlerden elde edilmiş ortalama kristal boyutunun zamana göre değişimi

2 nolu gruba ait trans yağ asidi içermeyen örneğin 30 °C'da elde edilen resimleri Şekil 4.38'de verilmiştir.

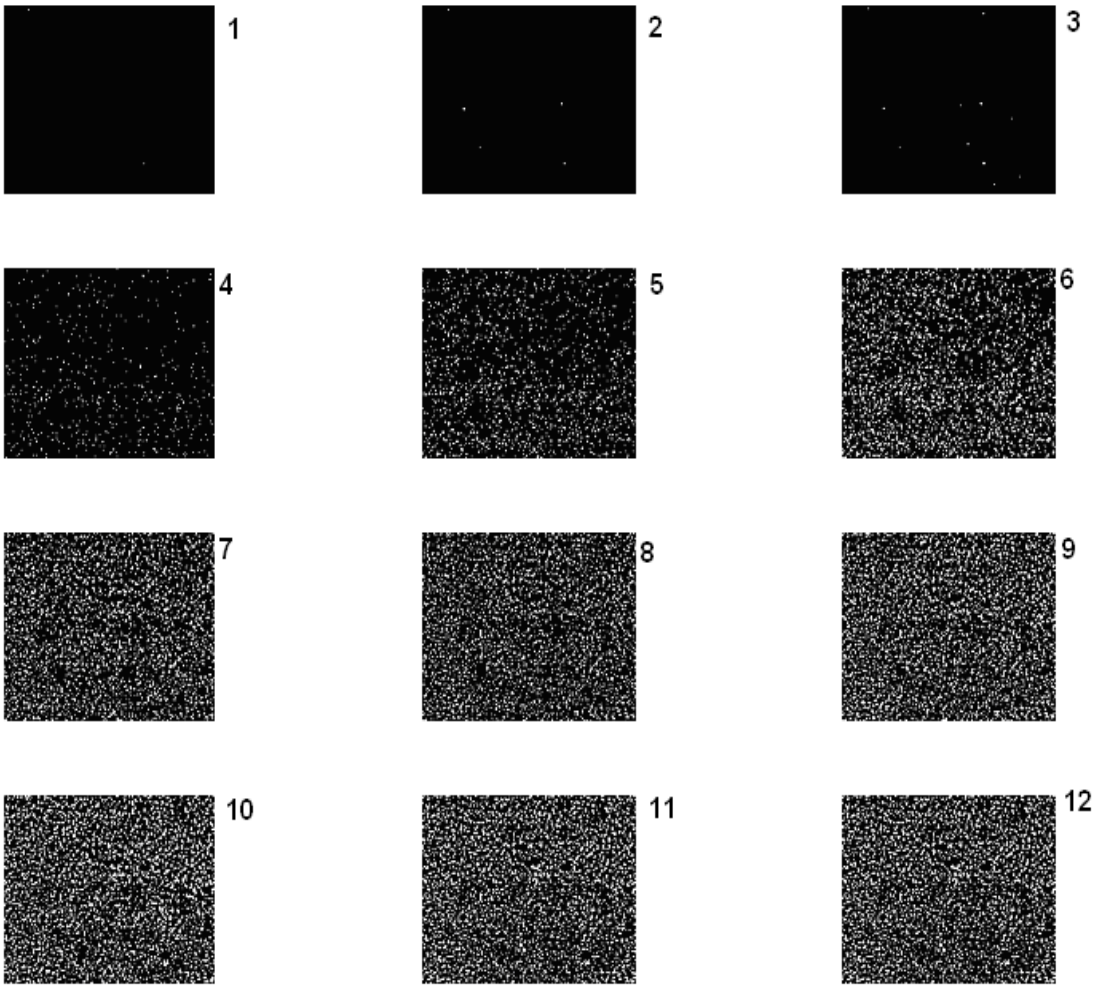


Şekil 4.38 2 nolu gruptaki trans yağ asidi içermeyen örneğin 30 °C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler

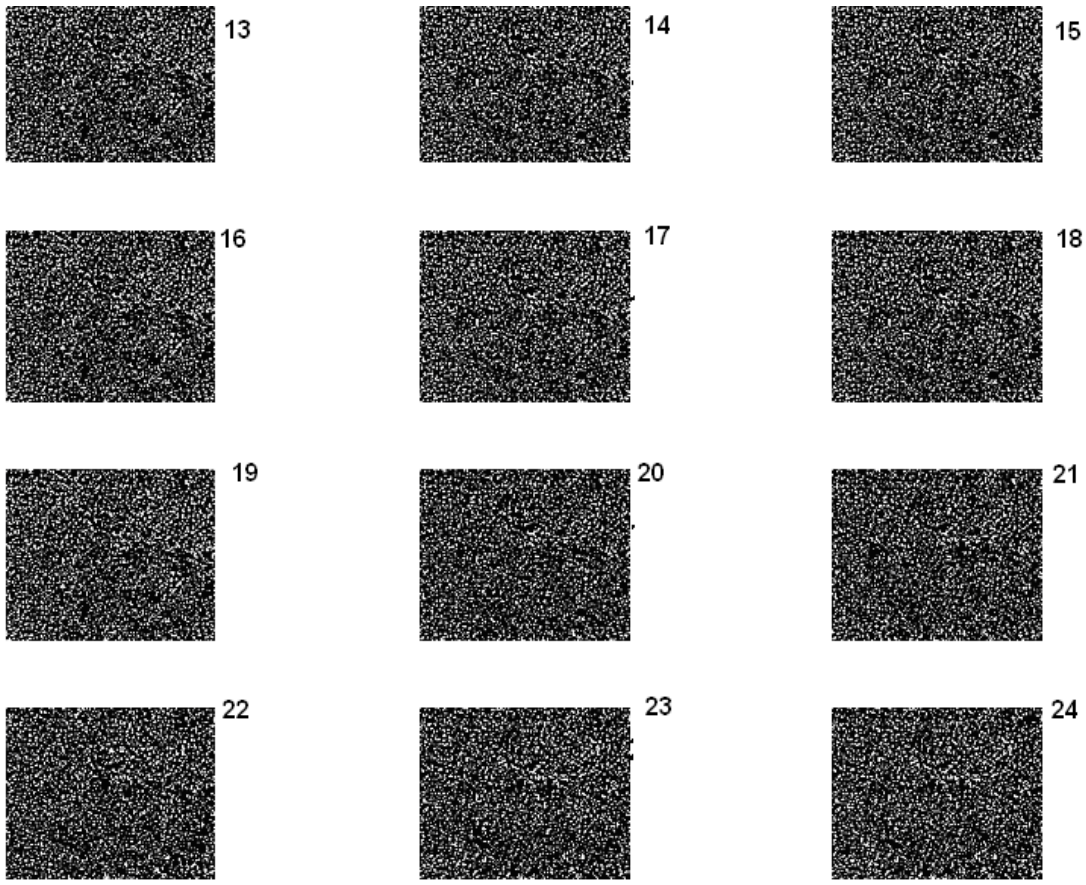


Şekil 4.38 2 nolu gruptaki trans yağ asidi içermeyen örneğin 30 °C'da hızlı kristallenmesi sırasında elde edilen resimler (devam)

Söz konusu resimlerin arka plan ve eşik değer düzeltmesi ile işlenmiş siyah-beyaz formları ise Şekil 4.39'da gösterilmektedir.

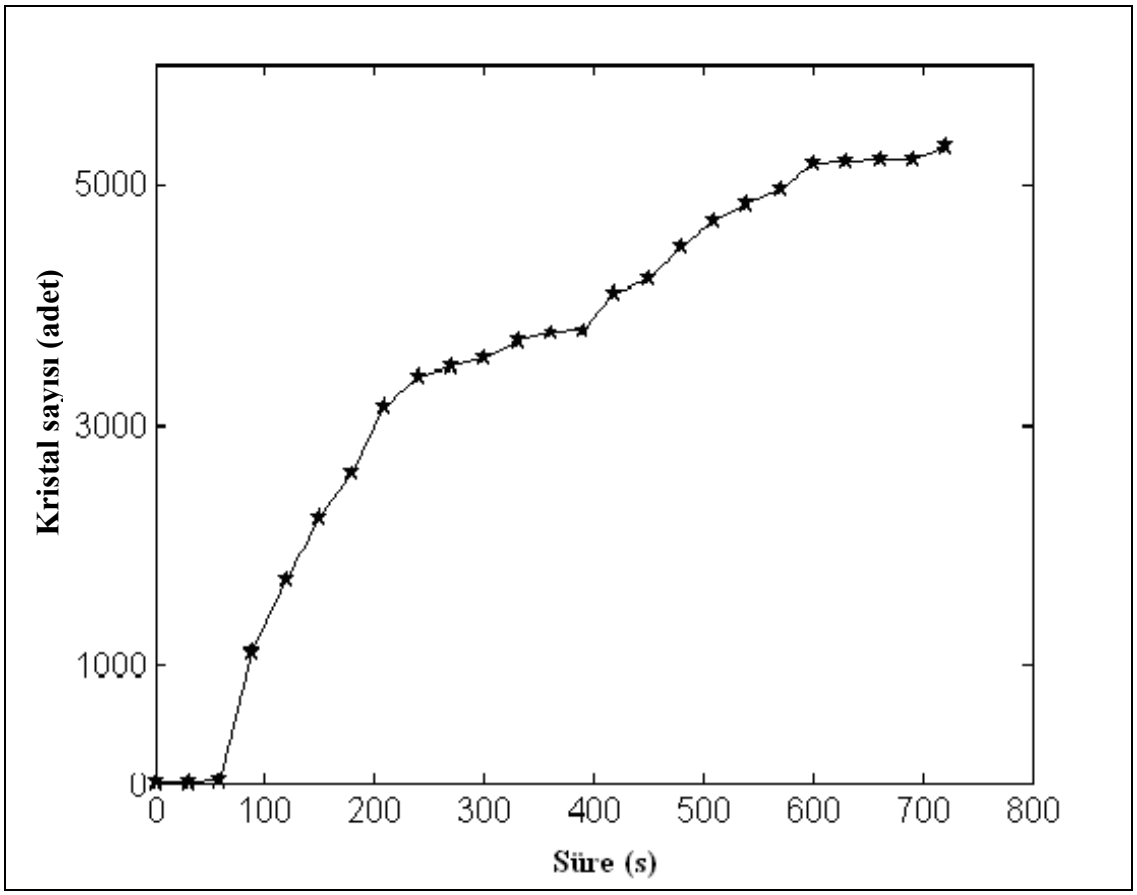


Şekil 4.39 Şekil 4.38'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri

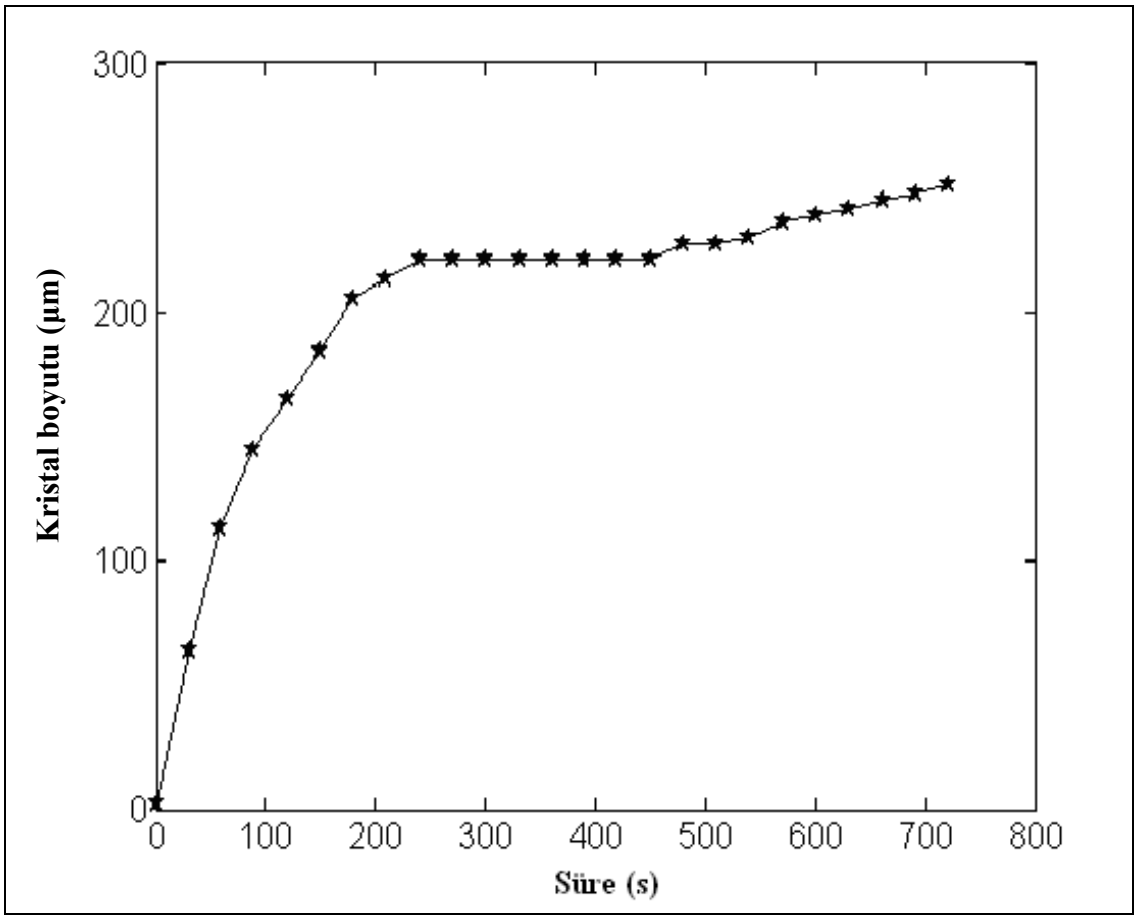


Şekil 4.39 Şekil 4.38'de verilen resimlerin eşik değerden geçirilerek işlenmiş halleri (devam)

Bu resimlere dayanarak yapılan hesaplamalardan elde edilen kristal sayısına ve boyutuna karşı zaman grafikleri ise Şekil 4.40 ve Şekil 4.41'de görülmektedir. Bir önceki, yani %44.4 oranında trans yağ içeren örneğe göre, oluşan kristal sayısında belirgin bir azalma görülmüştür. Kristal sayısı, yüksek trans yağlı örnekte 7000 civarına yaklaşırken, trans yağ içermeyen örnekte bu sayı 5000 civarında kalmıştır. %0 oranında trans yağ içeren örneğin ortalama kristal boyutuna bakıldığı zaman ise yaklaşık 260 μm civarına kadar büyüdüğü gözlenmiştir.

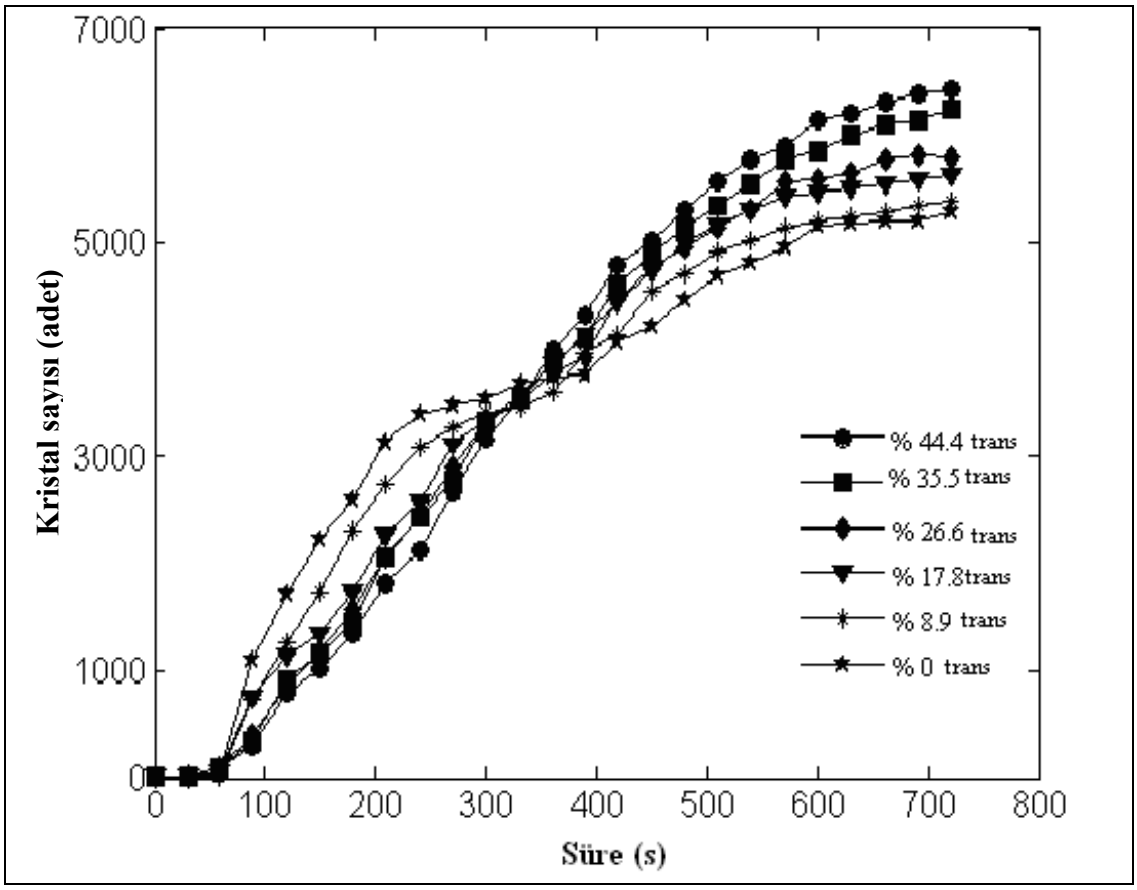


Şekil 4.40 Şekil 4.39'da verilen resimlerden elde edilmiş kristal sayısının zamana göre değişimi



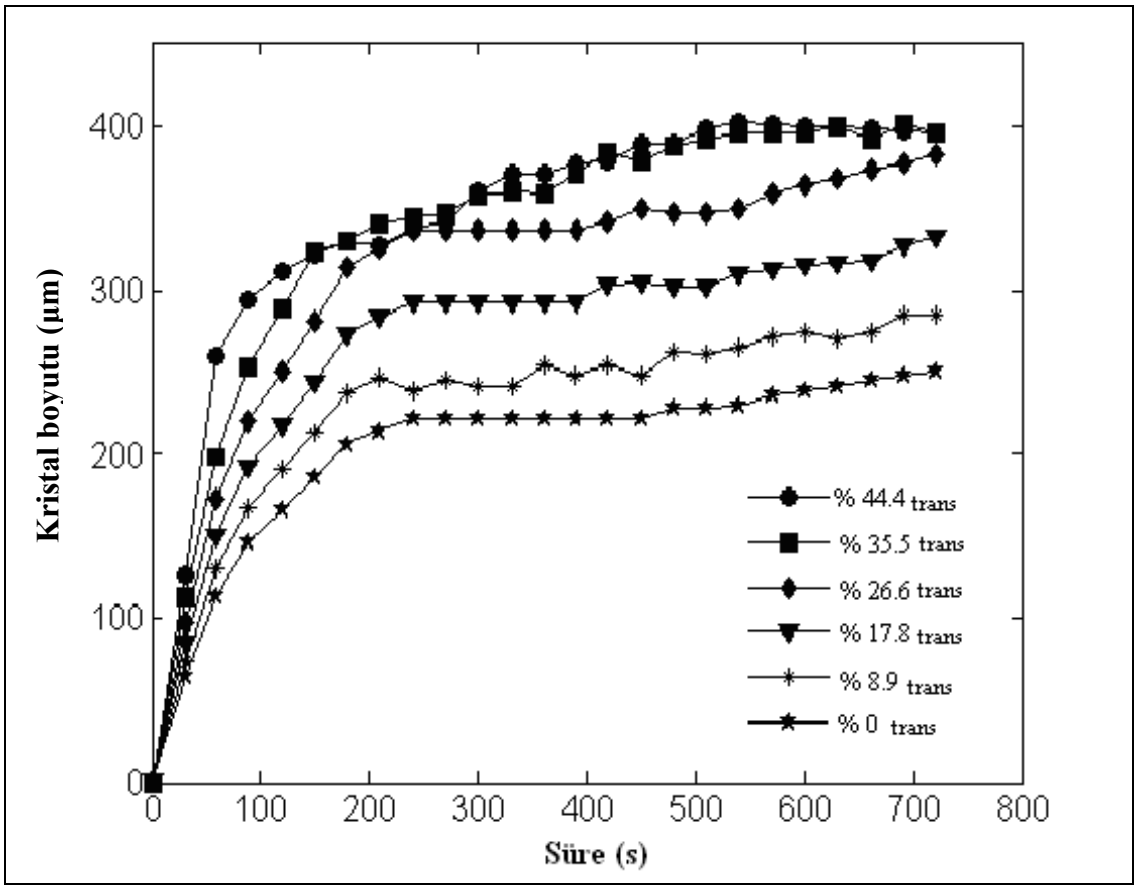
Şekil 4.41 Şekil 4.39'da verilen resimlerden elde edilmiş ortalama kristal boyutunun zamana göre değişimi

Benzer çalışmalar 2 nolu gruba ait diğer örnekler için de yapılmıştır. Her bir örnek için 30 °C'da 30 saniye arayla resimler alınmış ve ilgili hesaplamalar yukarıda belirtilen şekilde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'de özetlenmiştir. Şekil 4.42'de verilen kristal sayısının zamana karşı değişim grafiğinde açıkça görülebileceği gibi, artan trans yağ oranı oluşan kristal sayısında belirgin bir artışa sebep olmuştur. Bu sonuç bir önceki gruba ait Şekil 4.32'de verilen sonuçları doğrular niteliktedir.



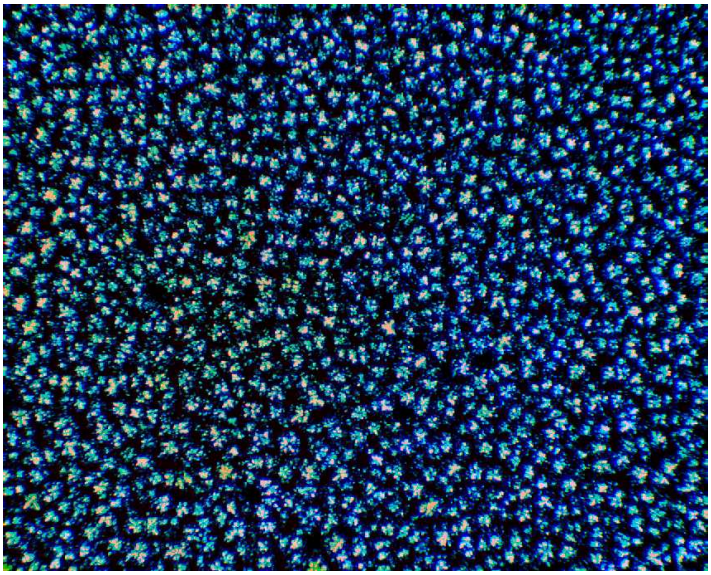
Şekil 4.42 2 nolu gruba ait yağ örneklerinin tamamını gösteren kristal sayısının zamana göre değişimi

Benzer olarak ortalama kristal boyutunun zamana karşı değişim grafiği de Şekil 4.43'de gösterilmektedir. Şekil 4.43'ten de görülebileceği gibi artan trans yağ miktarı oluşan kristal boyutlarının önemli bir şekilde artmasına neden olmuştur.

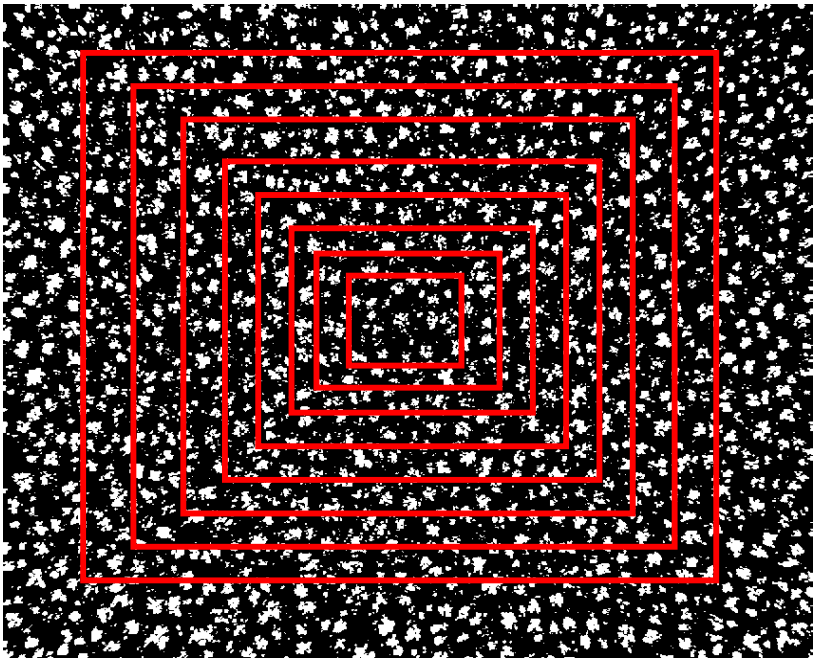


Şekil 4.43 2 nolu gruba ait yağ örneklerinin tamamını gösteren ortalama kristal boyutunun zamana göre değişimi

Kristal sayısının ve boyutunun bir arada incelenebilmesi için fraktal boyut (fractal dimension) olarak adlandırılan mikro-yapısal özellik kullanılabilmektedir. Fraktal boyut, yağ kristalleri gibi belirli bir şekle sahip olmayan sistemlerde de kullanılabilen bir özelliktir. Yağların fraktal boyutları, elastiklik ve sertlik gibi özelliklerini belirleyen mikro-yapısal bir özelliktir. Bu yüzden hazırlanan yağların fraktal boyut özellikleri de hesaplanmıştır. Hesaplamalar için de kutu sayma yöntemi (box counting) olarak adlandırılan metot kullanılmıştır. Kısaca özetlemek gerekirse, ilk olarak Şekil 4.44'de verilen resim Şekil 4.45'de görüldüğü gibi kutulara ayrılır.

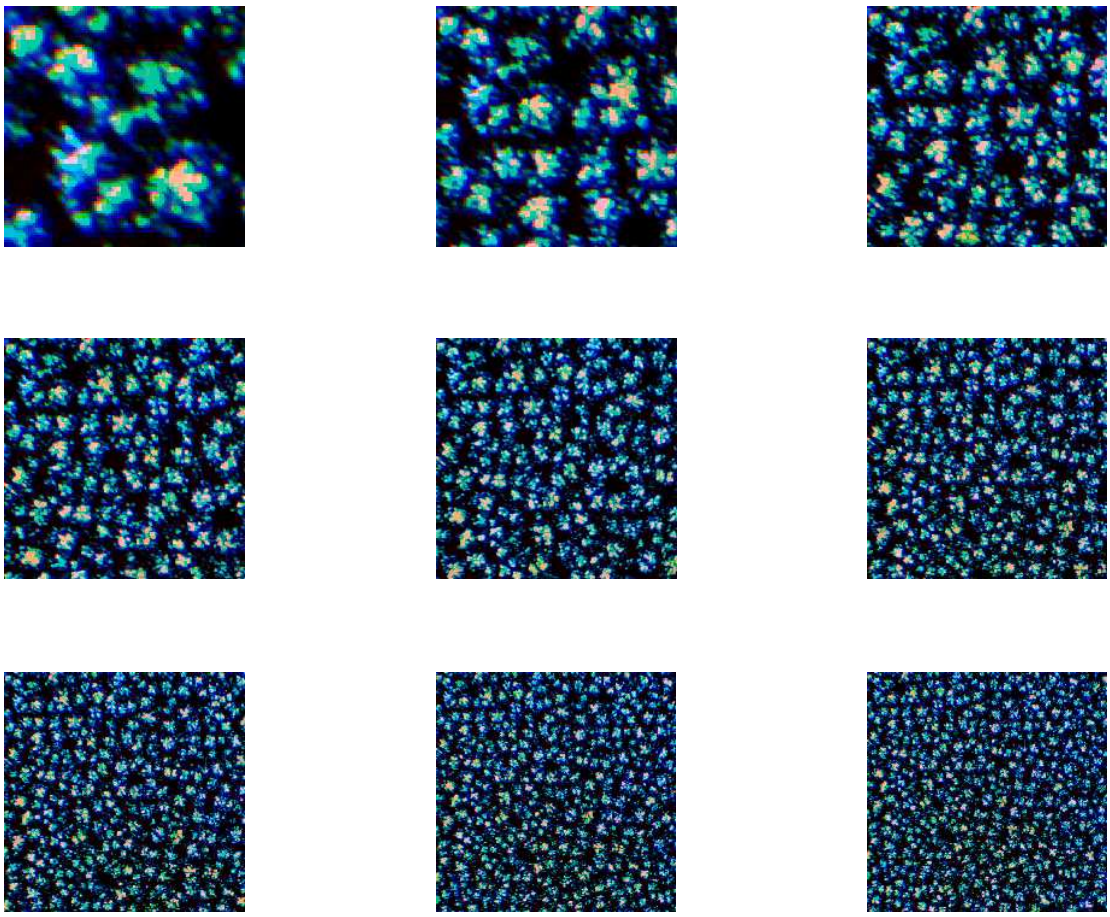


Şekil 4.44 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait resim

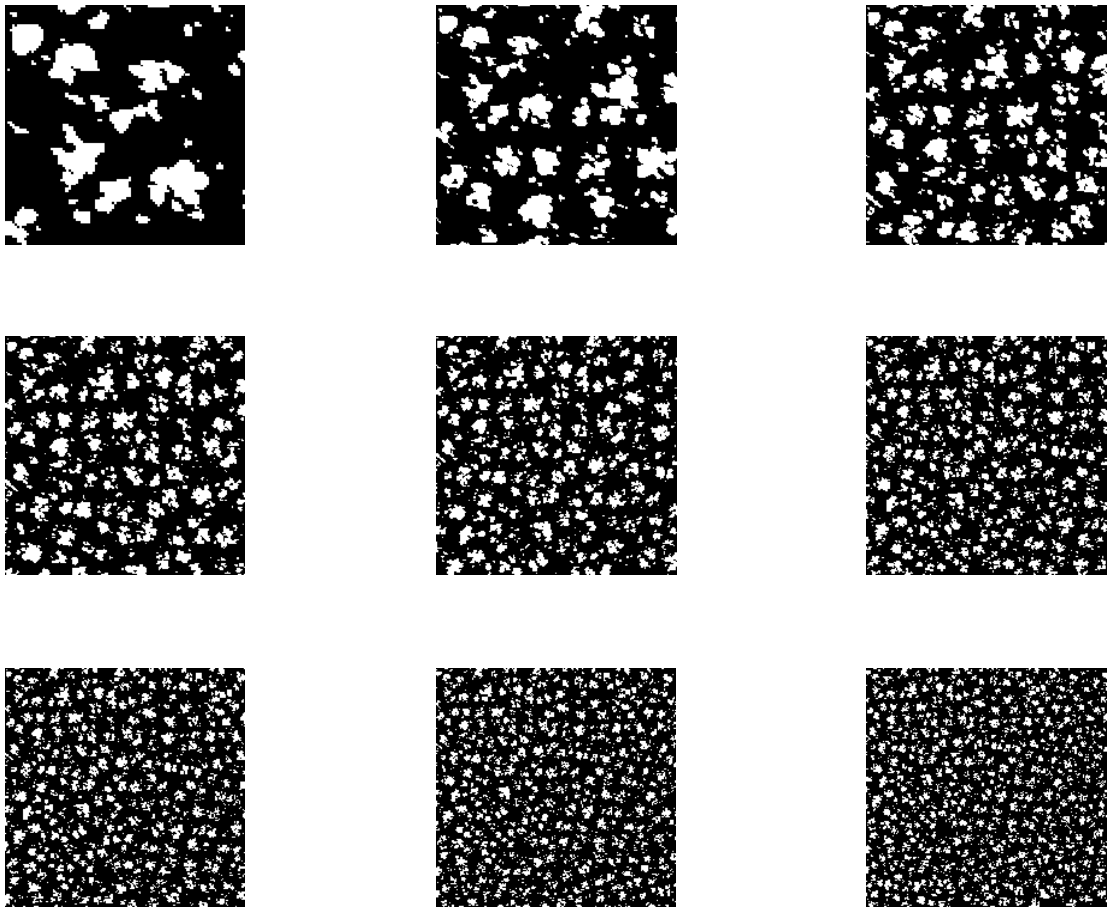


Şekil 4.45 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait sadeleştirilmiş siyah beyaz resmin kutu sayma yöntemi için işlenmiş hali

Daha sonra resim işleme teknikleri kullanılarak her bir kutuya denk gelen kristal sayısı ve toplam yüzey alan hesaplanır. Şekil 4.45'de verilmiş olan her bir kutuya denk gelen kristaller Şekil 4.46 ve Şekil 4.47'de verilmiştir.

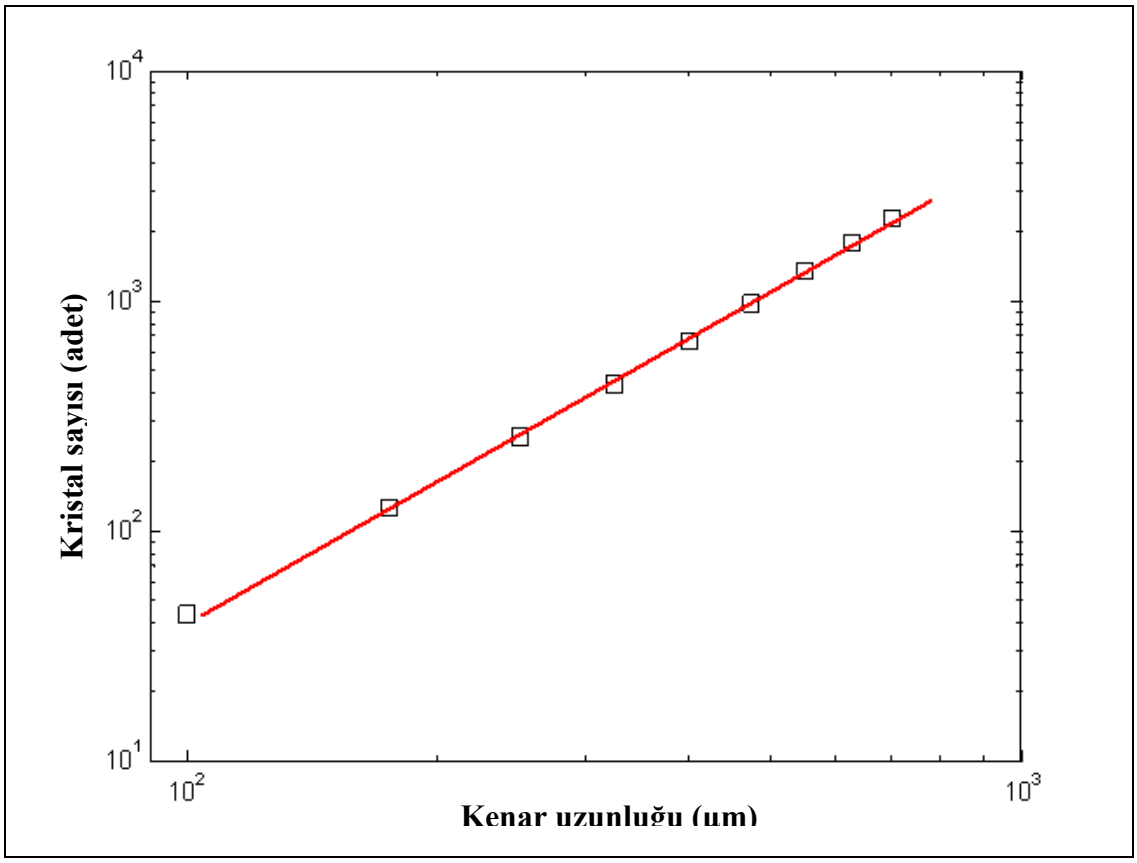


Şekil 4.46 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait Şekil 4.45'de verilen her bir kutuya karşılık gelen kristalleri gösteren resimler



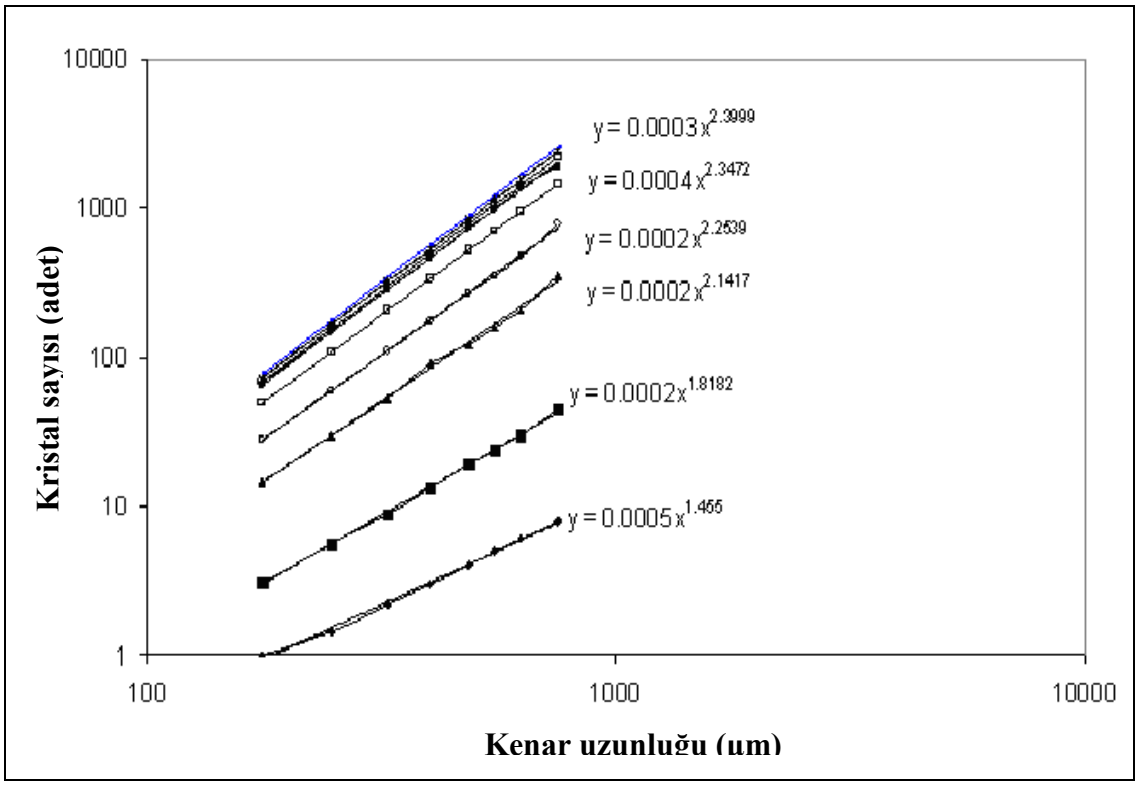
Şekil 4.47 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans yağ asidi içeren örneğe ait Şekil 4.45'de verilen her bir kutuya karşılık gelen kristalleri gösteren sadeleştirilmiş resimler

Her bir kutuya denk gelen kristal sayısının hesaplanmasının ardından Şekil 4.48'de verilen grafik logaritmik skalada çizilebilmektedir. Şekil 4.48'deki grafiğin x-ekseni Şekil 4.45'de verilmiş olan kutuların kenar uzunluğunu, y-ekseni ise kristal sayısını göstermektedir. Bu grafikten elde edilen doğrunun eğimi ise fraktal boyut olarak tanımlanmaktadır.



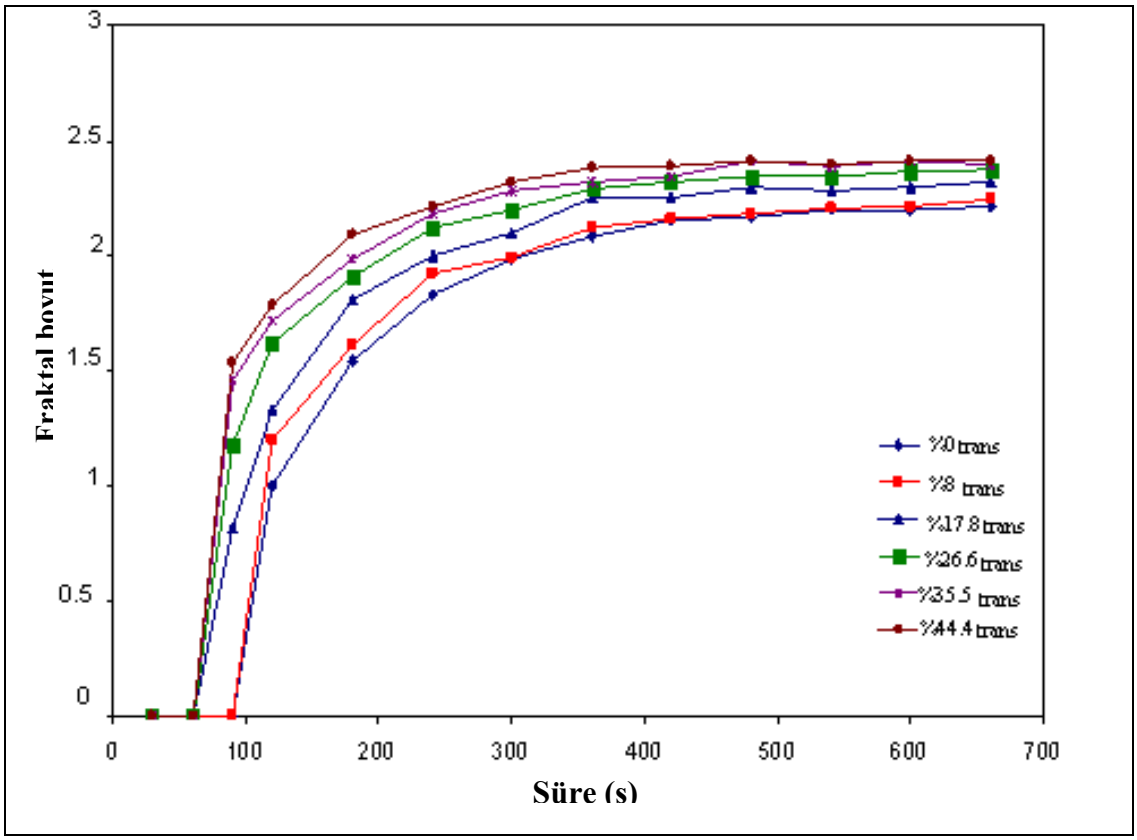
Şekil 4.48 Şekil 4.47'de verilen resimlerdeki kristal sayısı ile kutuların kenar uzunlukları arasındaki ilişki

2 nolu gruba ait örneklerden %44.4 oranında trans yağ asidi içeren yağın 30 °C'da kristalleşmesi sırasındaki fraktal boyutunun hesaplanması Şekil 4.49'da gösterilmiştir.



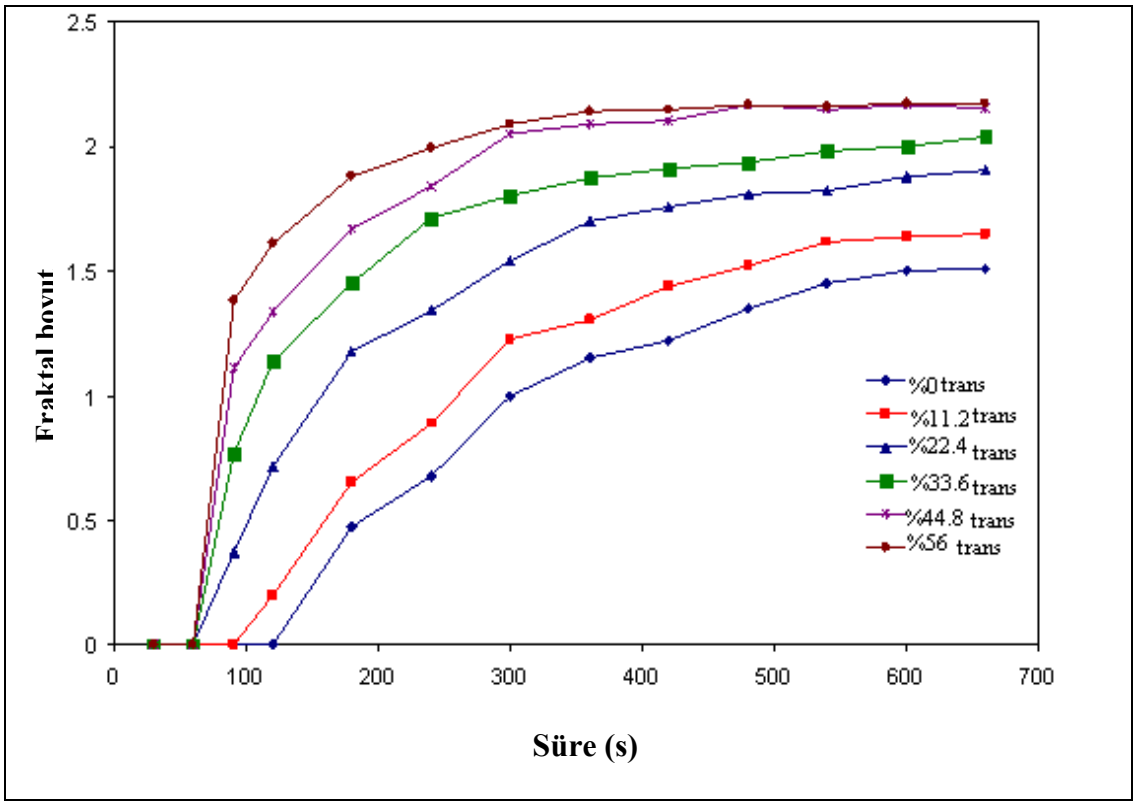
Şekil 4.49 2 nolu gruptaki %44.4 oranında trans asit içeren yağın 30 °C'da kristalleşmesi sırasındaki fraktal boyutunun gelişimi

Aynı yöntemle 2 nolu gruba ait diğer yağların fraktal boyutları da 30 °C sıcaklıkta 30 saniye arayla alınan her bir resim için hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucu elde edilen fraktal değerler toplu olarak Şekil 4.50'de verilmiştir.



Şekil 4.50 2 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin fraktal boyut değerlerinin 30 ˚C'daki gelişimi

Aynı çalışma 1 nolu gruba ait bütün örnekler için de tekrarlanmış ve sonuçlar Şekil 4.51'de verilmiştir.



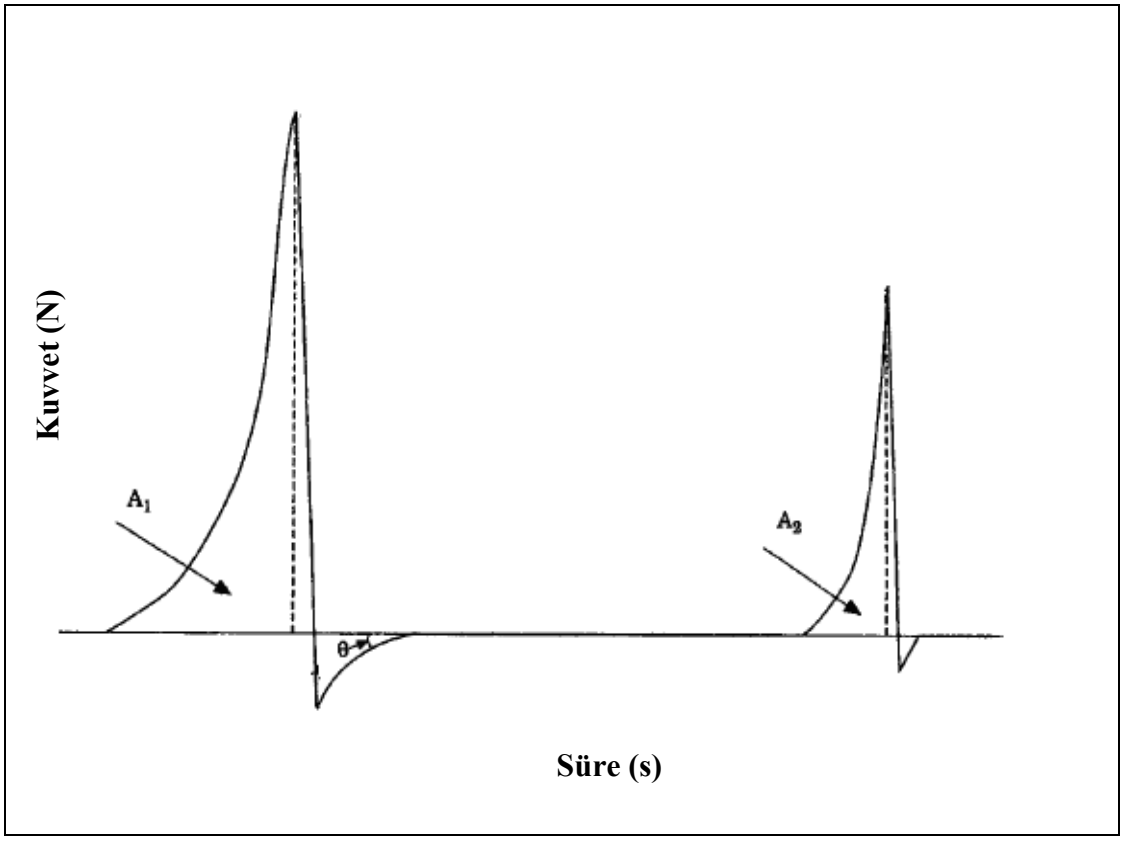
Şekil 4.51 1 nolu gruba ait değişik miktarlarda trans yağ içeren fakat benzer katı yağ oranı değerlerine sahip olan yağ örneklerinin fraktal boyut değerlerinin 10 ˚C'daki gelişimi

Aynı yağ örneklerinin fraktal boyut değerlerine ait grafikle reolojik ölçümler sonucu elde edilen elastik modülüz değerlerini gösteren grafik karşılaştırıldığında, her iki grafiğin benzer bir şekilde artış gösterdiği görülmektedir. Yani fraktal boyuttaki ve elastik boyuttaki artış trans yağ oranındaki artış ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

3 nolu gruba ait yağlar ile de çalışmalar yapılmıştır, fakat düşük katı yağ oranlarına sahip olan bu örneklerle 0 °C civarında çalışılması gerekmiştir. Bu sıcaklıkta elde edilen resimler, suyun lamel üzerinde yoğunlaşması nedeniyle, istenilen kalitede olmamıştır.

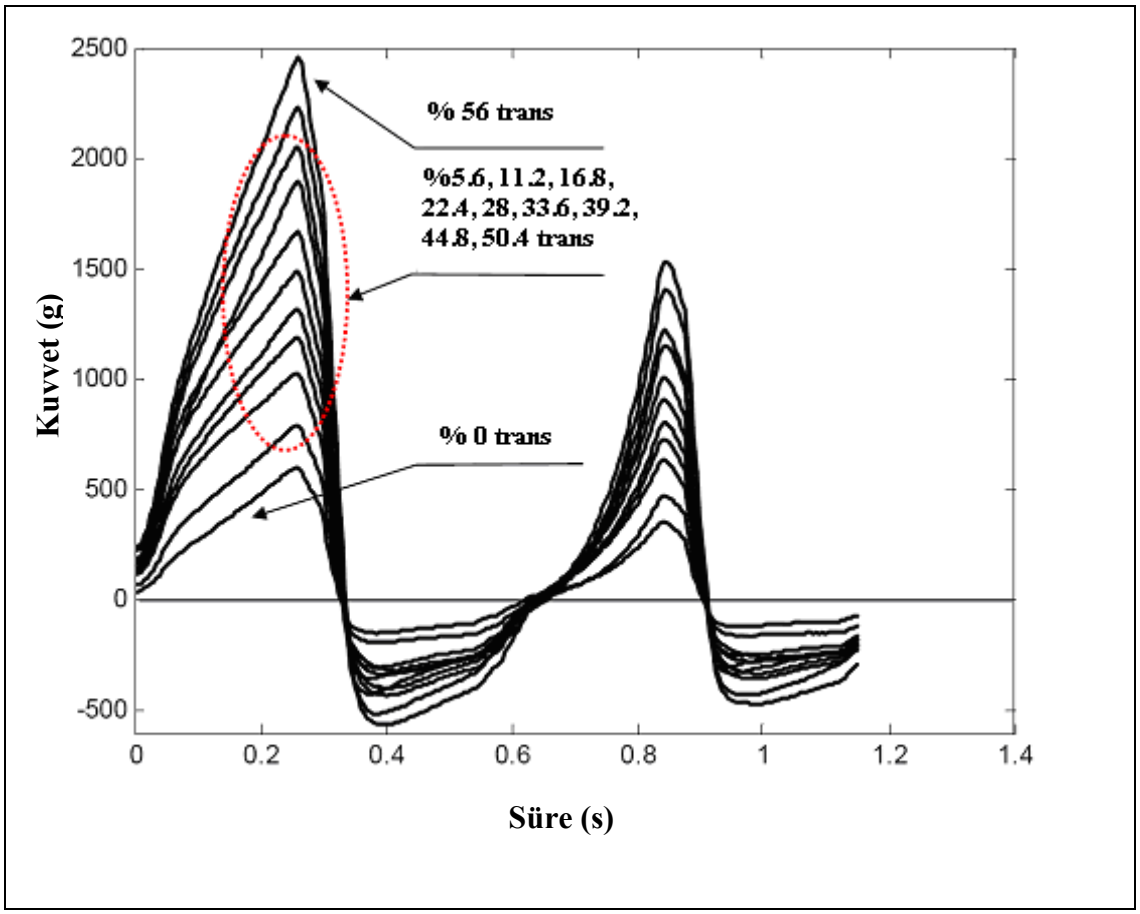
4.5 Hamurlara ait dokusal ölçüm değerleri

Hamur örneklerinin doku analizi cihazı kullanılarak yapılan dokusal ölçümleri sonucu elde edilen ve Şekil 4.52'deki grafikte verilen A_1 ve A_2 alanlarının toplamı hamurlarda kıvam, A_2/A_1 dokusal yapışıklık, (90-θ) ise yapışkanlık olarak tanımlanmaktadır.



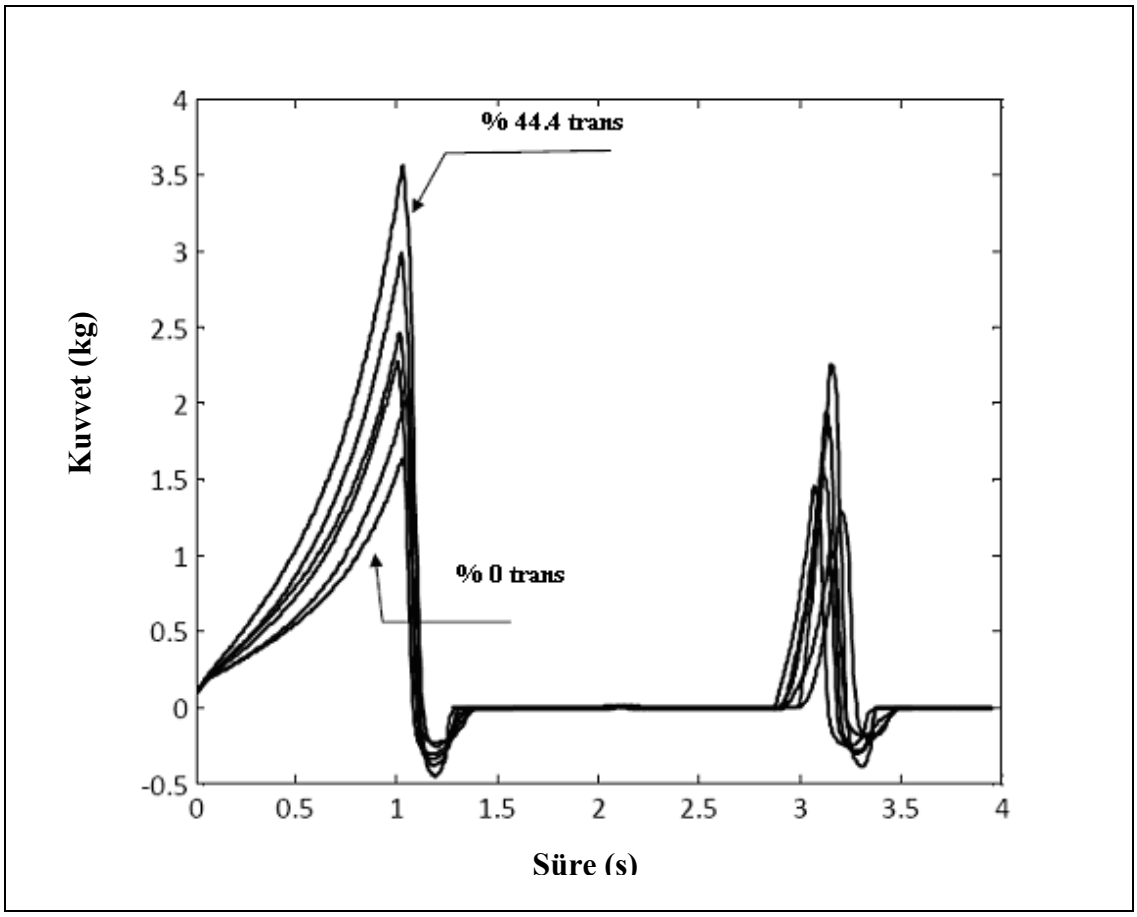
Şekil 4.52 Hamur örneklerinin dokusal özelliklerinin doku analizi cihazı ile ölçümü sırasında elde edilen tipik bir grafik (Manohar and Rao 1999'dan değiştirilerek alınmıştır)

1 nolu grupta bulunan yağ örnekleriyle hazırlanan hamurlara ait kuvvet-zaman grafikleri Şekil 4.53'de verilmiştir.



Şekil 4.53 1 nolu gruptaki yağlarla hazırlanan hamur örneklerine ait kuvvet-zaman grafikleri

%0-44.4 oranında trans yağ asidi içeren 2 nolu gruptaki yağ örnekleriyle hazırlanan hamurlara ait kuvvet-zaman grafikleri de Şekil 4.54'de verilmiştir. Şekil 4.53 ve Şekil 4.54'den yüksek trans asitli örneklerin A_1 ve A_2 alanlarının, düşük trans asitli örneklerinkinden daha büyük olduğu görülmektedir. Bu nedenle trans yağ asidi içeriği yüksek hamurların kıvam ve dokusal yapışıklık değerleri daha yüksektir. 1 ve 2 nolu gruptaki yağlarla hazırlanan hamurların yapışkanlık değerleri ise hamur örneklerindeki trans asit içeriğinin artması ve buna bağlı olarak θ açısının büyümesinden dolayı azalmıştır.

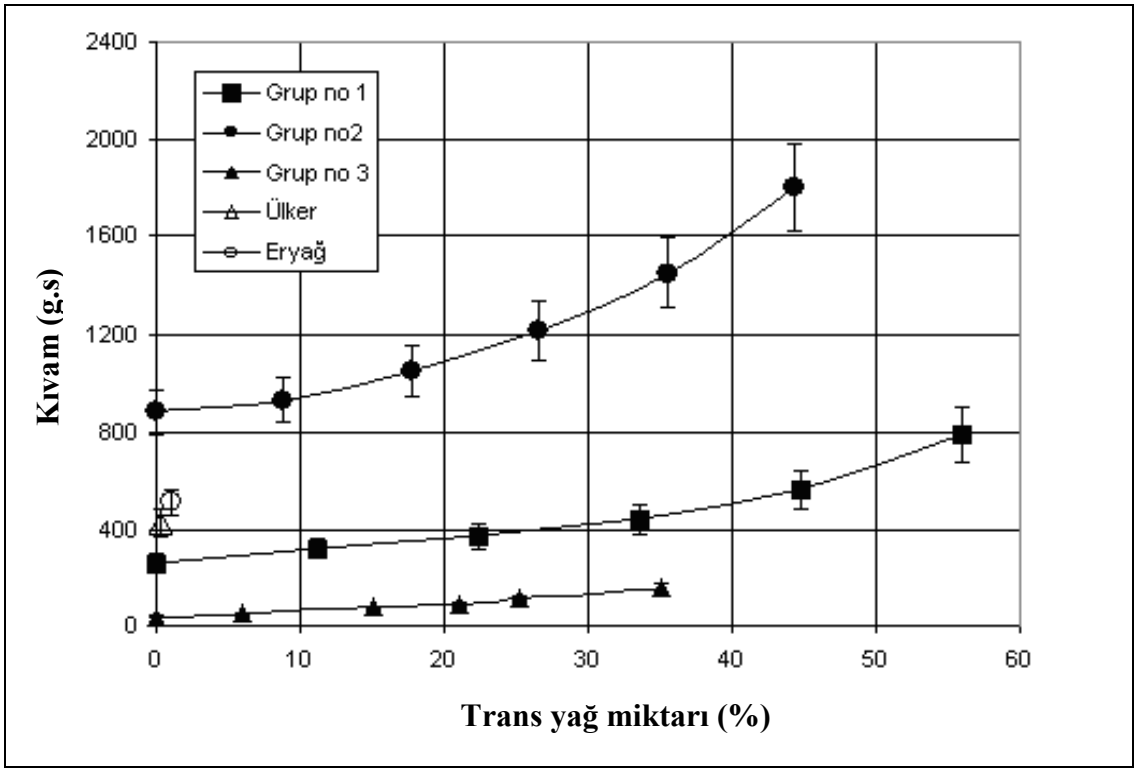


Şekil 4.54 2 nolu gruptaki yağlarla hazırlanan hamur örneklerine ait kuvvet-zaman grafikleri

3 nolu grubun kuvvet-zaman grafiğinde de 1 ve 2 nolu grupların kuvvet-zaman grafiklerine benzer şekilde bir eğilim söz konusudur. Bu hamurlarda ölçülen kıvam ve dokusal yapışıklık değerleri de örneklerin trans asit miktarındaki artışa paralel olarak artış göstermiştir. Bu gruptaki hamur örneklerinin yapışkanlık değerleri ise trans yağ asidi içeriğindeki artışla azalmıştır. Şekil 4.55'de verilen grafik 1, 2, 3 nolu gruptaki yağlarla ve ticari yağlarla yapılan hamurların kıvam değerlerinin trans asit oranıyla değişimine aittir. Bu grafikten de trans asit oranındaki artışın hamurlarda kıvamı arttırıcı yönde bir etki yaptığı açıkça görülmektedir.

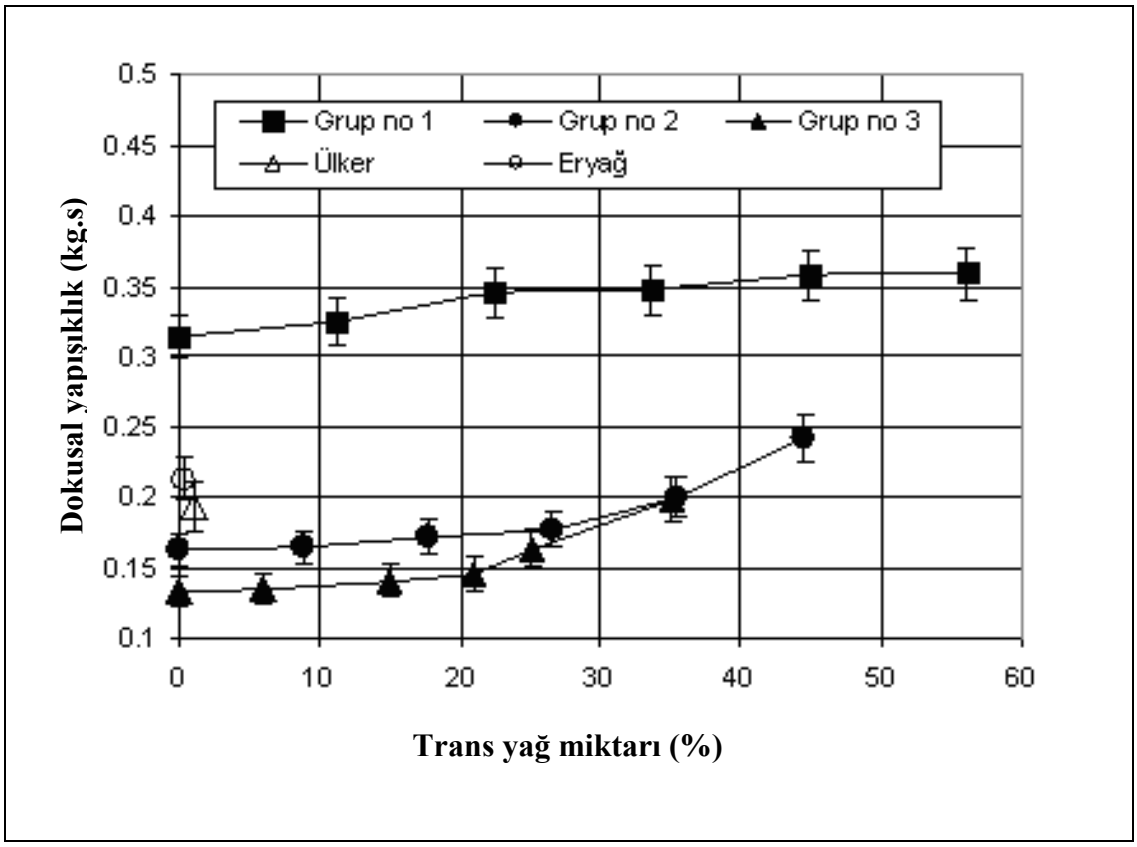
Ticari yağların trans asit miktarlarına karşılık ölçüm sonuçlarının ortalaması verildiği için Ülker ve Eryağ'a ait sonuçlar verilen grafiklerin tümünde tek bir nokta olarak

görülmektedir. Bu yağların katı yağ oranı değerleri 1 ve 2 nolu grubun katı yağ oranı değerlerinin arasında olduğu için, ticari yağlarla hazırlanan hamurların kıvam, dokusal yapışıklık ve yapışkanlık değerleri 1 ve 2 nolu gruptaki yağlarla hazırlanmış olan hamurların kıvam, dokusal yapışıklık ve yapışkanlık değerlerinin arasındadır.



Şekil 4.55 1, 2, 3 nolu gruptaki yağlar ve ticari yağlarla hazırlanmış hamur örneklerinin kıvamının yağlardaki trans yağ asidi yüzdesine göre değişimi

Şekil 4.56'da da Şekil 4.55'de verilen yağların kullanımıyla yapılan hamurların dokusal yapışıklık değerlerinin trans asit yüzdeleriyle değişimi verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde 1 nolu grubun dokusal yapışıklık değerlerinin diğer iki gruba göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak dokusal yapışıklık değerlerindeki artış oranı 1 nolu grup için 2 ve 3 nolu gruptakinden daha azdır.



Şekil 4.56 1, 2, 3 nolu gruptaki yağlar ve ticari yağlarla hazırlanmış hamur örneklerinin dokusal yapışıklık değerlerinin yağlardaki trans yağ asidi yüzdesine göre değişimi

4.6 Bisküvilik unun özellikleri

Bisküvilik un örneğinin bazı kimyasal, fizikokimyasal ve reolojik özelliklerine ait değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Bisküvilik unun bazı kimyasal, fizikokimyasal ve reolojik özellikleri

	Bisküvilik un
Rutubet Miktarı (%)	12.1
Kül Miktarı (KM'de, %)	0.47
Protein Miktarı (KM'de, %)	8.7
Yaş gluten miktarı (%)	21.56
Kuru gluten miktarı (%)	7.08
Gluten indeks değeri (%)	89.95
Farinogram Değerleri	
Su absorpsiyonu (%)	53.6
Gelişme süresi (dakika)	1.4
Stabilite (dakika)	2.3
Yoğurma tolerans sayısı (B.U)	74
Yumuşama derecesi (B.U)	104

Çizelge 4.6 incelendiğinde rutubet miktarının %12.1, kül miktarının ise %0.47 olduğu görülmektedir. Un örneğinin protein miktarı %8.7, yaş ve kuru gluten değerleri ise sırasıyla %21.56 ve %7.08'dir. Bisküvilik unların kül miktarının, protein miktarının ve protein kalitesinin düşük olması istenir. Protein miktarı %7.0-9.5 arasında olan unlar bisküvi üretimine elverişli sayılırlar (Wade 1988). Farinogram değerlerinden gelişme süresi ve stabilite değeri düşük, yoğurma tolerans sayısı ve yumuşama derecesi ise yüksek çıkmıştır. Bu değerler bisküvi yapımı için uygundur. Çünkü bisküvilik unlar, yumuşak buğdaylardan elde edilir ve bisküvi üretiminde kuvvetli un istenmez (Hoseney 1986).

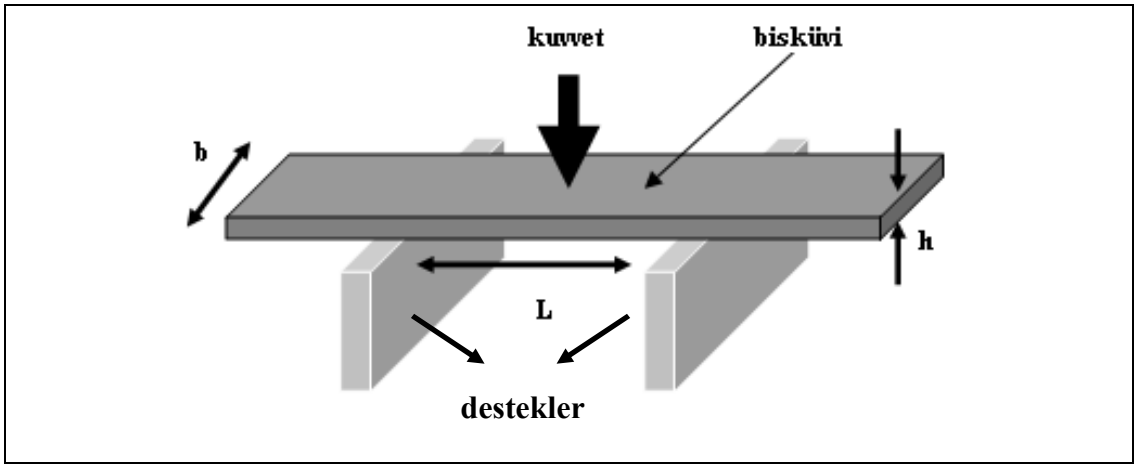
4.7 Bisküvilere ait dokusal ölçüm değerleri

Bisküvilerin dokusal ölçümleri için kullanılan 3 noktada eğilme düzeneği Şekil 4.58'de verilmiştir. Şekil 4.58'deki düzenekte gösterilen, aralarında belli bir mesafe (L) bulunan iki destek üzerine yerleştirilen bisküvilere kırılana kadar belirli bir kuvvet uygulanır ve bu ölçümler sonucunda elde edilen kuvvet-zaman grafikleri kullanılarak aşağıda verilen özellikler hesaplanır.

$$E = \frac{L^3 m}{4bh^3}$$

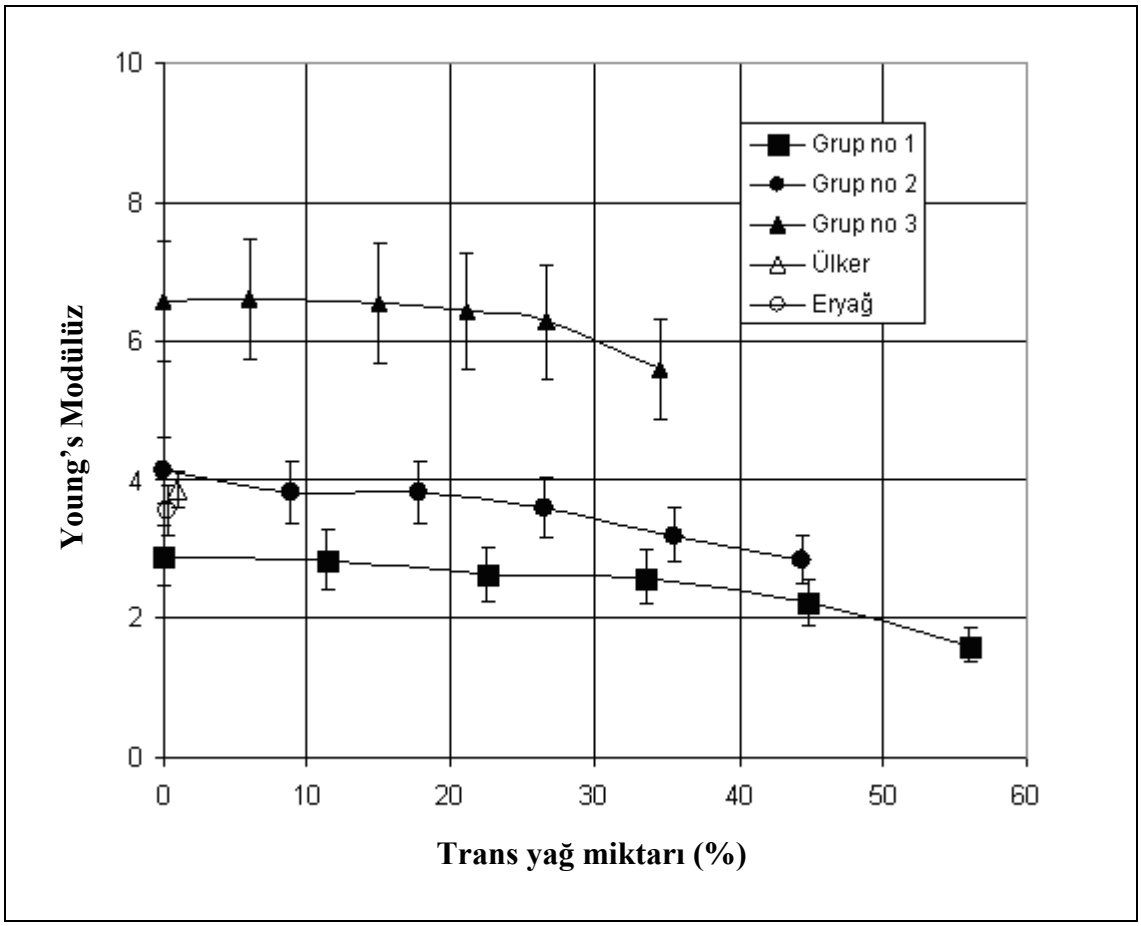
$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}$$

Yukarıdaki eşitliklerde verilen F kırılma anındaki kuvvet, L destekler arası mesafe, h bisküvi kalınlığı, b bisküvi genişliği ve m ise kuvvet-deformasyon grafiğinin eğimidir.

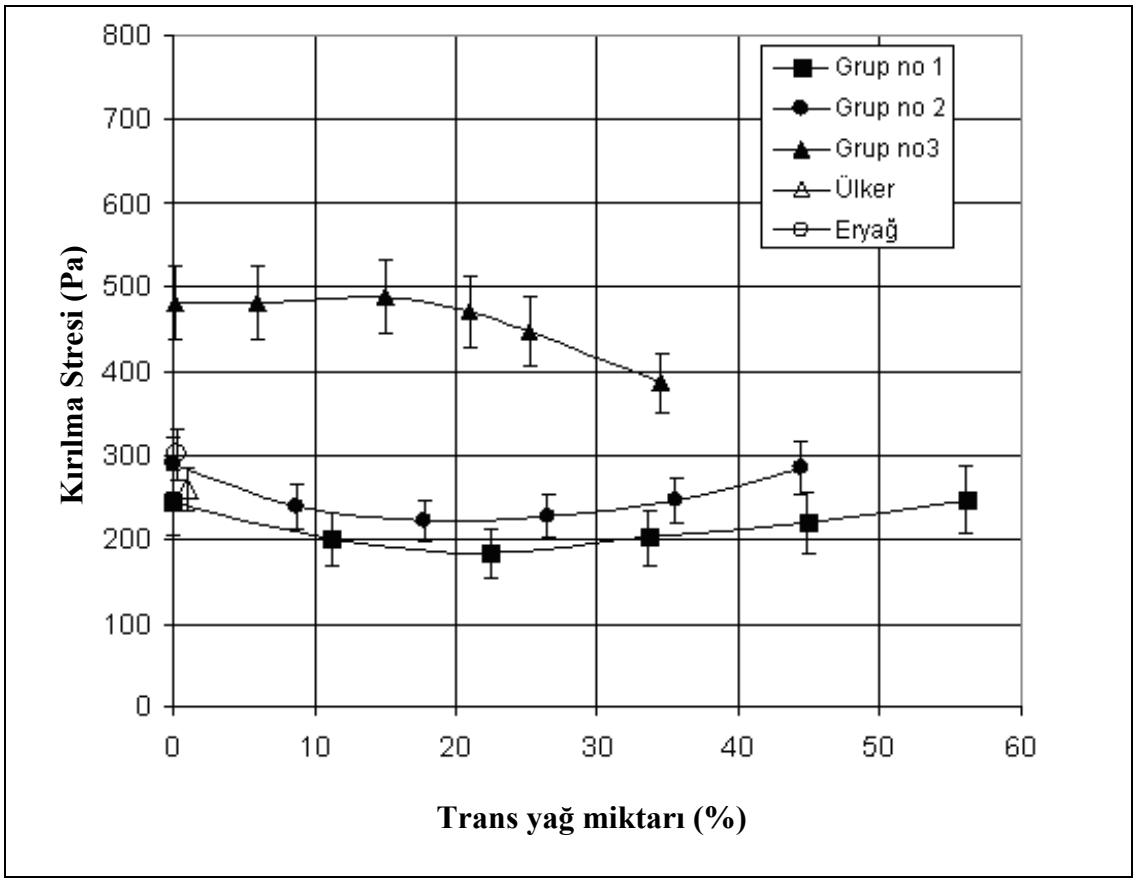


Şekil 4.57 Bisküvilerin mekanik özelliklerini ölçme düzeneği

Yapılan hesaplamalar sonucunda her 3 gruptaki örnekler ve ticari yağlar için elde edilen Young's modülüz (E) ve kırılma stresi (σ) değerlerinin trans miktarına göre değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.59 ve Şekil 4.60'da verilmiştir.



Şekil 4.58 Her 3 gruptaki örnekler ve ticari yağlarla hazırlanan bisküvilere ait Young's modülüz değerlerinin trans yağ miktarına göre değişimi



Şekil 4.59 Her 3 gruptaki örnekler ve ticari yağlarla hazırlanan bisküvilere ait kırılma stresi değerlerinin trans yağ miktarına göre değişimi

Şekil 4.59 ve Şekil 4.60'dan da görülebileceği gibi her 3 gruptaki bisküvilere ait Young's modülüz değerleri örneklerdeki trans asit miktarı arttıkça azalmış, kırılma stresi değerleri ise 1 ve 2 nolu grup için artmış fakat 3 nolu grup için azalmıştır. Ayrıca yine grafiklerden sıvı yağlar kullanılarak yapılan bisküvilerin diğer yağlarla elde edilen bisküvi örneklerinden daha yüksek bir kırılma stresi ve Young's modülüz değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuç sıvı olan 3 nolu gruba ait yağların karıştırma ve pişirme işlemi sırasında yeterince hava kabarcığı tutamamasıyla ilgilidir. Çünkü bisküvi örneklerinin yeterince hava kabarcığı tutamaması daha yüksek Young's modülüz ve kırılma stresi değerlerine sahip olmasına neden olur.

1 ve 2 nolu gruptaki yağlarla hazırlanan bisküvi örneklerine ait kırılma stresi değerleri örneklerdeki trans yağ asidi içeriği arttıkça artmıştır. Bu sonuç yüksek trans asitli ürünlerin sahip oldukları boyutça büyük kristallerin daha çok gluten bağının oluşmasına olanak vermeleriyle açıklanabilir. Ayrıca küçük ve düzenli bir yapıya sahip olan β' kristallerinin göreceli olarak daha büyük olan β kristallerine oranla karıştırma anında daha çok hava tuttuğu bilinmektedir. Böylece β' kristallerinin daha fazla olduğu ürünler β içeren ürünlere göre daha fazla gözenek içermektedir. 1 ve 2 nolu gruptaki örneklerin her biri kendi içinde incelendiğinde, düşük trans asitli ürünlerin kırılma stresi değerlerinin daha düşük olmasının bu örneklerin göreceli olarak daha zayıf bir gluten ağ yapısına sahip olması ve daha fazla gözenek içermesiyle ilgili olduğu söylenebilir.

Ticari yağlarla yapılan bisküvilerin Young's modülüz ve kırılma stresi değerleri ise tıpkı hamur örneklerinde gözlendiği gibi, 1 ve 2 nolu grubun bisküvilerine ait Young's modülüz ve kırılma stresi değerlerinin arasında bulunmuştur.

5. SONUÇ

Yapılan çalışmada, trans yağ asitlerinin, yağların ve bu yağlarla yapılan hamur ve bisküvilerin reolojik ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Katı yağ oranları sabit tutulmak kaydıyla, yağlarda bulunan trans yağ asidi miktarının artması mikroyapıyı oluşturan kristal yapılarda önemli değişikliklere sebep olmuştur. Bu çalışmalardan trans yağ miktarının özellikle kristalleşme hızı ve oluşan kristal boyutunu çok yakından ilgilendirdiği anlaşılmıştır. Bu farklılık özellikle kristalleşme sürecinin başlarında daha önemlidir. Çünkü yeterli süre verildiğinde düşük trans asit içeren yağlara ait kristallerin boyutça yüksek trans asitli örnekleri geçebildiği gözlenmiştir. Sonuç olarak düşük trans yağ oranına sahip yağların yüksek trans yağ oranına sahip yağlara oranla ilk etapta daha küçük kristal oluşturduğu tespit edilmiştir. Kristal sayısı bakımından da en son ulaşılan değer aynı olmakla birlikte bu sayıya ulaşma hızı yüksek translı örneklerde daha hızlı olmuştur.

Trans yağ miktarındaki artışla artan fraktal boyut, yağların daha hızlı sertleşmesine sebep olmaktadır. Bu özellik de yüksek trans yağlı ürünlerin daha rahat bir şekilde işlenmesini sağlamaktadır. Örneğin; daha fazla trans yağ içeren örneklerle yapılan hamur ürünleri daha hızlı bir şekilde sertleşmekte ve şekil verilebilmesi daha kolay olmaktadır.

Yağların tekstürüne ilişkin yapılan çalışmalarda artan trans yağ miktarının yağların sertliğinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Hazırlanan yağlar ile yapılan hamur örneklerinde ise, trans asit miktarındaki artışın hamurların yapışkanlık, kıvam ve dokusal yapışıklık değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Artan trans yağ içeriğinin her 3 gruptaki bisküvilere ait Young's modülüz ve yalnızca 3 nolu gruptaki bisküvilere ait kırılma stresi değerlerini azalttığı, 1 ve 2 nolu gruptaki bisküvilere ait kırılma stresi değerlerini ise artırdığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

AACC. 1990. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists (AACC). The Association: St. Paul, MN.

AACC. 2000. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists (AACC). The Association: St. Paul, MN.

Abboud, AM, Rubenthaler, GL and Hoseney, RC. 1985. Effect of fat and sugar in sugar-snap cookies and evaluation of tests to measure cookie flour quality. *Cereal Chem*istry, 62, 124-129.

Aitchison, JM, Dunkley, WL, Canolty, NL and Smith, LM. 1977. Influence of diet on trans fatty acids in human milk. Am. J. Clin. Nutr., 30, 2006-2015.

Anonymous 1989a. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Ce 1-62.

Anonymous 1989b. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cd 16b-93.

Anonymous 1989c. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Cd 1c-85.

Arıcı, M, Taşan, M, Geçgel, Ü ve Özsoy S. 2002. Determination of fatty acid composition and total trans fatty acids of Turkish margarines by capillary gas-liquid chromatography. J. Amer. Oil Chem. Soc., 79, 439-441.

Baltsavias, A, Jurgens, A and Vliet, T. 1997. Rheological properties of short doughs at small deformation. Journal of Cereal Science, 26, 289-300.

Baltsavias, A, Jurgens, A and Vliet, T. 1999. Properties of Short-Dough Biscuits in relation to structure. Journal of Cereal Science, 29, 245-255.

Bell, A, Gordon, MH, Jirasubkunakorn, W and Smith, KW. 2007. Effects of composition on fat rheology and crystallization. Food Chemistry, 101(2); 799-805.

Berger, KG and Indris, AN. 2005. Formulation of zero-trans acid shortenings and margarines and other food fats with products of the oil palm. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 82, 775-782.

Chardigny, J, Clouet, P, Combe, N, Quignard-Boulange, A, Schmitt, B, Lagarde, M and Leger, C. 2007. Metabolism of trans and conjugated fatty acids. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.,* 109, 930-934.

Charun, E, Abecassis, J, Contamine, AS, Roulland, TM, Vergnes, B and Morel, MH. 2000. Effects of Temperature and Mechanical Input on Semisweet Biscuit (Cookie) Quality and Dough Characteristics. *Cereal Chem*., 77(3); 265-271.

Combe, N, Clouet, P, Chardigny, J, Lagarde, M and Leger, CL. 2007. Trans fatty acids, conjugated linoleic acids, and cardiovascular diseases. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 109, 945-953.

Çetin, M, Yıldırım, A ve Şahin, AM. 2003. Determination of fatty acids and some undesirable fatty acid isomers in selected Turkish margarines. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*., 105, 683-687.

Çizmeci, M, Musavi, A, Kayahan, M ve Tekin, A. 2005. Monitoring of hydrogenation with various catalyst ratios. *Journal of American Oil Chemists' Society,* 82, 925-929.

Çizmeci, M, Musavi, A, Kayahan, M ve Tekin, A. 2006. Comparison of two palladium catalysts on different supports during hydrogenation. *Journal of American Oil Chemists' Society,* 83, 1063-1068.

Dağlıoğlu, O, Taşan, M ve Tunçel, B. 2000. Determination of fatty acid composition and total trans fatty acids of Turkish biscuits by capillary gas-liquid chromatography. Eur. Food Res. Technol., 211, 41-44.

Dağlıoğlu, O, Taşan, M ve Tunçel, B. 2002. Determinetion of fatty acid composition and total trans fatty acids in cereal-based Turkish foods. Turk J. Chem., 26, 705-710.

Graef, VD, Foubert, I, Smith, KW, Cain, FW and Dewettinck, K. 2007. Crystallization Behavior and Texture of Trans-Containing and Trans-Free Palm Oil Based Confectionery Fats. *J. Agric. Food Chem*., 55, 10258-10265.

Gümüşkesen, AS. 1999. Yağ Modifikasyon Yöntemleri. Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği, 182 s., İzmir.

Hayakawa, K, Linko, Y and Linko, P. 2000. The role of trans fatty acids in human nutrition. Starch/Starke, 52, 229-235.

Hoseney, RC. 1986. Soft Wheat Products: Principles of Cereal Science and Technology. AACC. Inc. MN., 245-275.

Hoseney, RC and Smewing, J. 1999. Instrumental Measurement of Stickiness of Doughs and Other Foods. J. Texture Stud., 30, 123–136.

ICC. 2002. Standard Methods of International Association for Cereal Science and Technology. ICC, Vienna, Austria.

Jacob, J and Leelavathi, K. 2007. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. Journal of Food Engineering, 79, 299-305.

Kayahan, M ve Tekin, A. 1994. Türkiye'de üretilen bazı margarinlerdeki *trans* yağ asitleri ve konjuge yağ asitleri miktarı üzerine araştırma. *Gıda*, 19(3); 147-153.

Kayahan, M. 2002a. Yağın Modifikasyonuna Ait Temel Bilgiler. ODTÜ Yayıncılık, 255 s., Ankara.

Kayahan, M. 2002b. Hidrojenasyon Teknolojisi. ODTÜ Yayıncılık, 255 s., Ankara.

Kayahan, M. 2003. Lipitlerde Oluşan Bozulma Tepkimeleri. ODTÜ Yayıncılık, 220 s., Ankara.

Kemeny, Z, Recseg, K, Henon, G, Kovari, K and Zwobada, F. 2001. Deodorization of vegetable oils: Prediction of trans polyunsaturated fatty acid content. J. Amer. oil Chem. Soc., 78, 973-979.

Kromer, GW. 1976. Trends and patterns in soybean oil use for food and industrial products. In: Hill, LD., World Soybean Conference. Danville, IL: Interstate Print and Publ., Champaign, 789-804.

Larque, E, Zamora, S and Gil, A. 2001. Dietary trans fatty acids in early life: a review. Early Human Development, 65, 31-41.

Manohar, RS and Rao, PH. 1999. Effect of emuilsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *J. Sci. Food Agric.*, 79, 1223-1231.

Manohar, RS and Rao, PH. 2002. Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. Food Research International, 35, 807-813.

Miller, AR. 1985. The use of a penetrometer to measure the consistency of short doughs. In H. Faridi, *Rheology of wheat products*. St. Paul, MN: The AACC.

Mounts, TL. 1979. Hydrogenation. In: Pryde, EH. Fatty acids. Champaign, IL: American Oil Chemists Society, 391-402.
Narine, SS and Marangoni, AG. 1999. Fractal nature of fat crystal networks. Physical Review E, 59, 1908-1920.
Özkaya, H ve Özkaya, B. 2005. Tahıl Ürünleri ve Analiz Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 157 s., Ankara.
Saleem, Q. 2005. Mechanical and fracture properties for predicting cracking in semi-sweet biscuits. International Journal of Food Science and Technology, 40, 361–367.
Schmidt, S. 2000. Formation of trans unsaturation during partial catalytic hydrogenation. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 102, 646-648.
Schwarz, W. 2000. Formation of trans polyalkenoic fatty acids during vegetable oil refining. Eur. J. Lipid Sci. Technol., 102, 648-649.
Slade, L and Levine, H. 1994. Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients. Academic Press, New York, 23–141.
Smith, PR and Johanssin, J. 2004. Influences of the proportion of solid fat in a shortening on loaf volume and stalling of bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 28, 359-367.
Taşan, M ve Dağlıoğlu, O. 2005. Trans yağ asitlerinin yapısı, oluşumu ve gıdalarla alınması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(1); 79-88.
Tekin, A, Çizmeci, M, Karabacak, H ve Kayahan, M. 2002. Trans FA and solid fat contents of margarines marketed in Turkey. J. Amer. Oil Chem. Soc., 80, 443-445.
Vereecken, J, Foubert, I, Smith, KW and Dewettinck, K. 2007. Relationship between Crystallization Behavior, Microstructure, and Macroscopic Properties in trans-Containing and trans-Free Filling Fats and Fillings. *J. Agric. Food Chem*., 55, 7793-7801.
Wade, P. 1988. Biscuits, cookies and crackers. Elsevier applied science publishers Ltd., London and New York, 176s.
Wolff, RL. 1993. Occurence of artificial trans-polyunsaturated fatty acids in refined (deodorized) walnut oils. Sci. Aliments., 13, 155-163.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:	Kübra ŞAHİN
Doğum Yeri	:	Giresun
Doğum Tarihi	:	15.07.1983
Medeni Hali	:	Bekar
Yabancı Dili	:	İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise	:	Giresun Süper Lisesi, 2001
Lisans	:	Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 2006
Yüksek Lisans	:	Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2007-2009

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Gıda Mühendisliği Bölümü, (Araştırma Görevlisi) 2007-

Yayınları (SCI ve diğer) :

Şahin K, Mert B, Tekin A, 2008. Trans yağ asitleri ve Ürünlerdeki Etkileri. Bitkisel Yemeklik Yağlar Sempozyum ve Sergisi, Bildiriler, 8-10 Mayıs, Adana.

Şahin K, Yorulmaz A, Tekin A, 2008. Zeytinyağı Sterolleri. I. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, Bildiriler, 17-18 Mayıs, Balıkesir.