

**BAZI BOR BİLEŞİKLERİNİN YÜZEYLERİNİN  
MODİFİYE EDİLMESİ VE SERAMİK  
SÜSPANSİYON ÖZELLİKLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özge KARAOĞLU**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Süleyman AKPINAR**

**MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ**

**Eylül 2016**

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BAZI BOR BİLEŞİKLERİNİN YÜZEYLERİNİN MODİFİYE**  
**EDİLMESİ VE SERAMİK SÜSPANSİYON ÖZELLİKLERİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**Özge KARAOĞLU**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Süleyman AKPINAR**

**MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ**

**Eylül 2016**

## TEZ ONAY SAYFASI

Özge KARAOĞLU tarafından hazırlanan “Bazı Bor Bileşiklerinin Yüzeylerinin Modifiye Edilmesi ve Seramik Süspansiyon Özelliklerinin Araştırılması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 30/09/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Yrd. Doç. Dr. Süleyman AKPINAR

**Başkan** : Yrd. Doç. Dr. Süleyman AKPINAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. M. Fatih CAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. M. Faruk EBEOĞLUGİL

Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. Hüseyin ENGİNAR

Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**30/09/2016**

**Özge KARAOĞLU**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAZI BOR BİLEŞİKLERİNİN YÜZEYLERİNİN MODİFİYE EDİLMESİ VE SERAMİK SÜSPANSİYON ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Özge KARAOĞLU

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Süleyman AKPINAR

Ülkemiz dünya bor rezervlerinin ~ % 72' sine sahiptir. Bu yüzden dolayı seramikte bor bileşiklerinin kullanımı sektörel bakımdan büyük bir avantaj sağlamaktadır. Fakat bazı bor bileşiklerinin gerek suda çözünerek seramik süspansiyonun akışkanlığını kötüleştirilmesi gerekse pişmiş sır tabakasındaki olumsuzluklardan dolayı ancak firtleştirilerek kullanımı söz konusudur. Ayrıca Borik asit ve Boraks gibi bor bileşiklerinin suda çözünme özelliği de göstermesi nedeniyle ham olarak kullanılmaları durumunda seramik süspansiyonunun reolojik davranışlarını olumsuz etkilemektedir. Bu da seramik süspansiyonunun seramik bünyeye homojen ve tamamen örtücü bir tabaka şeklinde uygulanabilirliğini zorlaştırmaktadır.

Bu çalışmada, bor bileşiklerinin ham halde seramik süspansiyonlarda kullanılabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda bor bileşiklerinin suda çözünmesini engellemek için yüzeylerinin fiziksel adsorbsiyonla hidrofob bir malzeme ile kaplanarak modifiye edilmesi amaçlanmıştır.

2016, x + 75 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Bor bileşikleri, Seramik süspansiyon, Yüzey modifikasyonu

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### **SURFACE MODIFICATION OF SOME BORON COMPOUNDS AND INVESTIGATION OF CERAMIC SUSPENSION PROPERTIES**

Özge KARAOĞLU

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Materials Science and Engineering

**Supervisor:** Asst. Prof. Süleyman AKPINAR

Our country has ~ 72% of world's boron reserves. Because of this, the use of boron compounds in ceramics provides a great advantage in terms of industry. On the other hand some boron compounds as well as deteriorating the fluidity of the ceramic suspension by dissolving in water and because of the negativities in the baked mace layer, only is used by fritting. In addition, wherefore boron compounds such as boric acid and borax show the feature of dissolving in water, rheological behaviors of glaze suspension are negatively affected if they are used raw. This makes it difficult to apply the glaze suspension as a homogeneous and completely covering layer to the ceramic body.

In this study, it is aimed to investigate the availability of boron compounds in glaze suspensions in raw form. In this context, it is aimed to modify the surface of the boron compounds by physical adsorption with a hydrophobic material in order to prevent the boron compounds from dissolving in water.

**2016, x + 75 pages**

**Keywords:** Boron compounds, Ceramic suspension, Surface modification

## TEŐEKKÖR

Bu araŐtırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmıŐ olduğu büyük katkılarında dolayı tez danıŐmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Süleyman AKPINAR' a, her konuda öneri ve eleŐtirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve tüm arkadaŐlarıma teŐekkr ederim.

Bu araŐtırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme ve değerli eŐim Ali Hikmet KARAOğLU' na teŐekkürü borç bilirim.

Özge KARAOğLU  
AFYONKARAHİSAR, 2016

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELERLER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ .....	ix
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR BULGULARI.....	3
2.1 Yüzey Modifikasyonu.....	3
2.1.1 Kuru Kaplama Yöntemi.....	3
2.1.2 Yüzey Modifikasyon Çalışmaları.....	6
2.2 Seramik Süspansiyon.....	8
2.2.1 Sır Süspansiyonu .....	8
2.2.2 Frit .....	9
2.3 Bor Mineral ve Bileşikleri .....	11
2.3.1 Bazı Önemli Bor Bileşikleri.....	13
2.3.2 Bor Mineral ve Bileşiklerinin Sırda Kullanımı .....	15
2.4 Reoloji.....	17
2.4.1 Akma davranışları .....	19
2.4.2 Tikotropi .....	24
2.4.3 Sıcaklığın Viskoziteye Etkisi .....	25
2.4.4 Sıvıların Reolojisi ve Modelleri .....	25
2.4.5 Reolojik Özelliklerin Açıklanması ve Değerlendirilmesi .....	26



3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	29
3.1 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Hammaddeler.....	29
3.2 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar.....	31
3.2.1 Reometre Cihazı.....	31
3.2.2 Hassas terazi.....	31
3.2.3 Etüv .....	32
3.2.4 Pres.....	33
3.2.5 Manyetik karıştırıcı .....	34
3.2.6 Temas açısı cihazı .....	34
3.3 Reçete Oluşturma.....	35
3.4 Bor bileşiklerinin Kaplanması.....	35
4.SONUÇLAR.....	37
4.1 Karakterizasyon Sonuçları.....	37
4.1.1 Temas Açısı Bulguları.....	37
4.1.2 Elek Bakiyesi Testi Bulguları.....	37
4.1.3 Litre Ağırlığı Testi Bulguları.....	37
4.1.4 Seramik Süspansiyonlarının Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi Sonuçları..	38
5. TARTIŞMA.....	68
6. KAYNAKLAR.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	75

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

°	Derece
$\eta$	Viskozite Katsayısı
C	Santigrat
%	Yüzde
$\mu\text{m}$	Mikro metre
$\text{cm}^2$	Santimetre kare
$\text{m}^2$	Metre kare
$\text{cm}^3$	Santimetre küp
sn	Saniye

### Kısaltmalar

---

$\text{SiO}_2$	Silisyum dioksit
$\text{Al}_2\text{O}_3$	Alüminyum oksit
$\text{Na}_2\text{O}$	Sodyum oksit
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Demir oksit
$\text{TiO}_2$	Titanyum oksit
CaO	Kalsiyum oksit
MgO	Magnezyum oksit
ZnO	Çinko oksit
$\text{K}_2\text{O}$	Potasyum oksit
$\text{B}_2\text{O}_3$	Bor oksit
HCl	Hidroklorik asit
AKÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kuru partikül kaplama işlemi.....	4
Şekil 2.2 Mekanik füzyon kuru parçacık kaplama mekanizması.....	6
Şekil 2.3 Blok tabakalar arasında kayma hızının gösterimi .....	18
Şekil 2.4 Newtonian bir sistemin reogramı.....	19
Şekil 2.5 Plastik akış reogramı.....	21
Şekil 2.6 Pseudoeplastik akış diyagramı. ....	23
Şekil 2.7 Dilatant akış reogramı .....	23
Şekil 2.8 Dilatant akış mekanizması. ....	23
Şekil 2.9 Tikotropi reogramı.....	24
Şekil 2.10 Yapısal olarak, viskoz ve tiksotropik sistemin akış özellikleri .....	26
Şekil 2.11 Akma noktasının şematik gösterilişi .....	27
Şekil 2.12 Akma noktası etkisinin örneği.....	27
Şekil 2.13 Dikey yüzey üzerinde bir sıra tabakasının hacim elemanı.....	28
Şekil 3.1 Akım şeması.....	30
Şekil 4.1 Farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk .....	38
Şekil 4.2 Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk .....	40
Şekil 4.3 Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde DolapixCE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk .....	42

- Şekil 4.4** Farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.....44
- Şekil 4.5** Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk 46
- Şekil 4.6** Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk 48
- Şekil 4.7** Farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk .....50
- Şekil 4.8** Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk .....52
- Şekil 4.9** Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk .....54
- Şekil 4.10** Farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.....56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
<b>Çizelge 2.1</b> Ticari Öneme Sahip Bor Bileşikleri.....	12
<b>Çizelge 2.2</b> 100 Gr Suda Çözünmüş Borik Asit Miktarı.....	13
<b>Çizelge 2.3</b> 100 Gr Suda Çözünmüş Boraks Miktarı .....	14
<b>Çizelge 2.4</b> Boraksın Çeşitli Çözücülerdeki Çözünürlüğü.....	14
<b>Çizelge 2.5</b> Frit Ve Seramik Üretimde Kullanılan Toplam Bor.....	14
<b>Çizelge 3.1</b> Hammaddelerin Kimyasal Analizleri.....	31
<b>Çizelge 3.2</b> Uygulaması Yapılan Tüm Reçeteler .....	35
<b>Çizelge 4.1</b> Kaplanmış Boraks ve Kaplanmış Borik asit'e ait temas açısı değerleri (a)Boraks (b)Borik asit.....	37

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 2.1</b> Frit üretim aşaması.....	9
<b>Resim 3.1</b> Reometre cihazı.....	31
<b>Resim 3.2</b> Hassas terazi.....	32
<b>Resim 3.3</b> Venticell marka etüv.....	32
<b>Resim 3.4</b> Ada marka pres.....	33
<b>Resim 3.5</b> Manyetik karıştırıcı.....	33
<b>Resim 3.6</b> Temas açısı cihazı.....	34

## 1. GİRİŞ

Dünya seramik sektörü ihracat hacmi 2010 yılında 39,1 milyar ABD Dolarına ulaşırken; seramik karo malzemeleri, bu ihracattan 14,4 milyar ABD dolarlık bir pay almıştır. Türkiye, dünya toplam ihracatından aldığı % 5,1 pay ile 4'üncü sırada yer almaktadır (Türkiye Seramik Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2012).

Sırlı karo ürünlerinin maliyetinde ve kalitesinde çok önemli bir yer tutan frit yapımında kullanılan ana ergitici bileşenler bor hammaddeleri ve ürünleridir (Seramik Türkiye raporu 2004). Türkiye'de 2012 verilerine göre tüketilen bor ürünlerinin % 13'e yakını seramik-frit sektörlerinde kullanılmaktadır (Eti maden 2012). Özellikle düşük sıcaklık (~1000 °C) sırlarında çok yüksek oranlarda (% 95'lere varan) frit kullanımı, ülkemizde fritin büyük bir kısmının ithal edildiği göz önünde bulundurulduğunda seramik süspansiyon sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Başka bir ifade ile Dünya bor rezervlerinin % 72'sine sahip olan ülkemizin bor cevheri ve ürünleri dışardan işlendikten sonra piyasaya sunulmakta ve kısmen de geri dönmektedir. Bu durum ülke ekonomisini ciddi oranlarda etkilemekle birlikte ülkemizde yüksek miktarlarda var olan bor rezervlerinin bilinçli kullanımı açısından olumsuz bir yol çizmektedir. Türkiye' de uygun bor hammadde koşullarının çok iyi olması yani muhtemelen çekici ekonomik koşullarla tedarik edilebilmeleri konu üzerinde durulmasını enteresan kılmaktadır.

Seramik bir süspansiyon olan sır, seramiğin yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplayan camsı yapıyı ifade eder. Suda çözünen maddelerin, seramik yüzeyine uygulanmasında kontrol edilemeyen çeşitli problemler vermesi sebebiyle, suda çözünmez hale getirilmesi amacı ile frit (cam) yapılır. Uygulamada frit ya tek başına ya da suda çözünmeyen yardımcı başka maddelerle (yüzdürücü, renklendirici, vb.) birlikte kullanılır. Frit kompozisyonu uygulama şartlarına göre çok değişkendir. Halen sanayide kullanılan 80.000'in üzerinde değişik kompozisyonda frit olduğu belirtilmektedir. Frit, özellikleri gereği bir camdır ve cam sektöründe maruz kalınan problemler burada da görülmektedir (Özel Bor Kimyasalları Toplantısı 2003).

Literatürde bazı hammaddelerin fiziksel adsorbsiyonla yüzeylerinin kaplanarak modifiye edilmesi üzerine çalışmaların başarılı sonuçları vardır. Ancak bor esaslı bileşiklerin fiziksel adsorbsiyonla yüzeylerinin kaplanarak modifiye edilmesi üzerine araştırmalar henüz literatürde bulunmamaktadır. Bu kapsamda ilk defa denenecek olan bu yöntemle bor minerallerinin yüzeyleri kaplanarak süspansiyonlarda kullanılması ile firtleştirmede harcanan enerji kaybının önüne geçilecektir. Aynı zamanda bor minerallerinin ham olarak seramik süspansiyonlarda kullanılması sağlanarak firtleştirme yöntemine göre daha kolay ve daha ucuz alternatif bir yöntem bulunmuş olacaktır.



## 2. LİTERATÜR BULGULARI

### 2.1 Yüzey Modifikasyonu

Yüzey modifikasyonu istenen tozların özelliklerini değiştirmek amacıyla (örneğin akıcılık, ıslanabilirlik, lezzet, renk gibi) birçok sanayi için büyük önem taşımaktadır. Tipik olarak, parçacık ve çevresi arasında bir engel veya film oluşturmak için yaş kaplama yönteminde parçacıkların ara yüzey polimerizasyonu ve yaş kimya esaslı teknikler ile uygulanmaktadır. Ancak, yaş kaplama yöntemleri nedeniyle ortaya çıkan atıkların çözümleri üzerinde çevresel kaygılar ve olası uçucu organik bileşiklerin emisyonunun varlığından dolayı daha az tercih edilir hale gelmiştir. Kuru kaplama yönteminde ise doğrudan bir çözücü, bağlayıcı maddeler ve hatta su kullanılmadan çeşitli mekanik araçlar ile daha büyük çekirdek parçacıklarının (ana tanecikler) yüzeyi üzerine ince malzemeler (misafir tanecikler) bağlanır, bu nedenden dolayı yaş kaplamaya göre daha umut verici bir alternatif yöntemdir (Reddy *et al.* 1987). Bununla birlikte, yaş kaplamada bir engel oluşturan taneciklerin kuru partikül kaplama yöntemi ile önemli işlev değişikliklerinin yanı sıra orijinal ana parçacıkların özelliklerini modifiye ederek mühendislik parçacıkları oluşturmak için de kullanılabilir (Naito *et al.* 1993).

#### 2.1.1 Kuru Kaplama Yöntemi

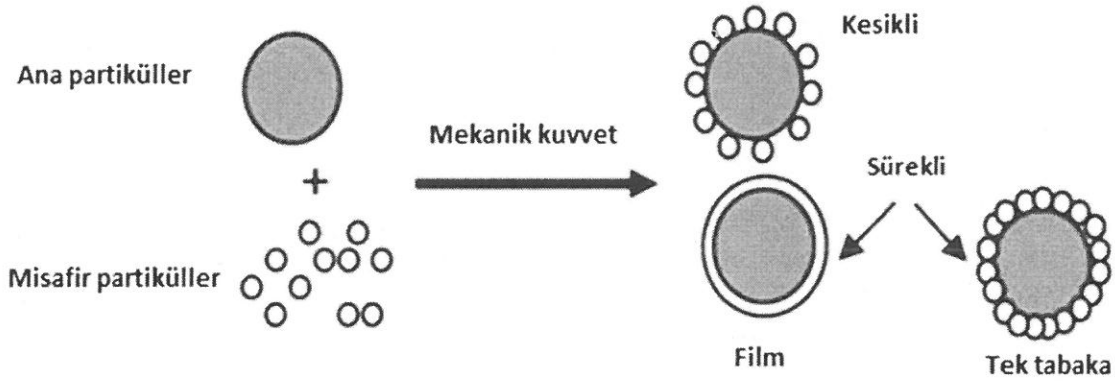
Kuru toz kaplama yöntemi tanelerin yüzey özelliklerini ve/veya tozların işlevselliğini değiştirmek için birçok sanayi için çok önemli bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Tipik uygulamalar, akışkanlık, ıslatılabilirlik (hidrofobik/hidrofilik özellikleri), çözünürlük, dağılılırlik, lezzet, parçacık özelliklerini içerir (Katz and Milewski 1978).

Kuru toz kaplama yönteminde polimer parçacıklarının deformasyonu ve birleşmesini sağlamak amacıyla polimeri yumuşatmak için gerekli olan plastikleştirici, önemli bir rol oynar (Pearnchob 2003). Küçük tanecikler, bir polimer içinde dolgu maddesi etkisini en üst düzeye çıkarmak amacıyla kombine edilir. Bununla birlikte, parçacıkların yüzey enerjisi azalan parçacık boyutu ile birlikte artar. Bu nedenle, bir plastik sisteminde

dağılılabirlik, su geçirmezlik ve mekanik özellikleri takviye etmek için yüzey modifiye edici maddeler ile dolgu maddesinin düzenlenmesi gerekir (Katz and Milewski 1978).

Kuru partikül kaplama işlemlerinde, nispeten büyük bir tanecik boyutuna sahip malzemeler (Ana partiküller, 1-500 µm) yeni işlevselliği oluşturmak için veya ana özelliklerini geliştirmek için mekanik ince parçacıklar (Misafir parçacıkları 0.1-50 µm) ile kaplanır. Misafir parçacıkların boyutu çok küçük olduğundan, van der Waals etkileşimleri ana parçacıklarına sıkıca bağlı tutmak için yeterince güçlüdür. Bu nedenle, misafir parçacıkların bir kesikli veya sürekli kaplama ya da parçacıklar ve partikül özellikleri barındırması işlemi, dönüş hızı, misafir ağırlık fraksiyonu içeren bir çalışma koşullarına bağlıdır (Pfeffer *et al.* 2001). Şekil 2.1’de, kuru partikül kaplama işlemini göstermektedir. Farklı kaplama malzemeleri kullanılarak ve onları birbiri ardına işleyerek birden fazla katman mümkündür (Kangwantrakool and Shinohara 2001).

Kangwantrakool ve ark. Misafir partiküllerin tabakalı bir kaplama yapmak için bir yöntem tanımlanmıştır (Kangwantrakool and Shinohara 2001).



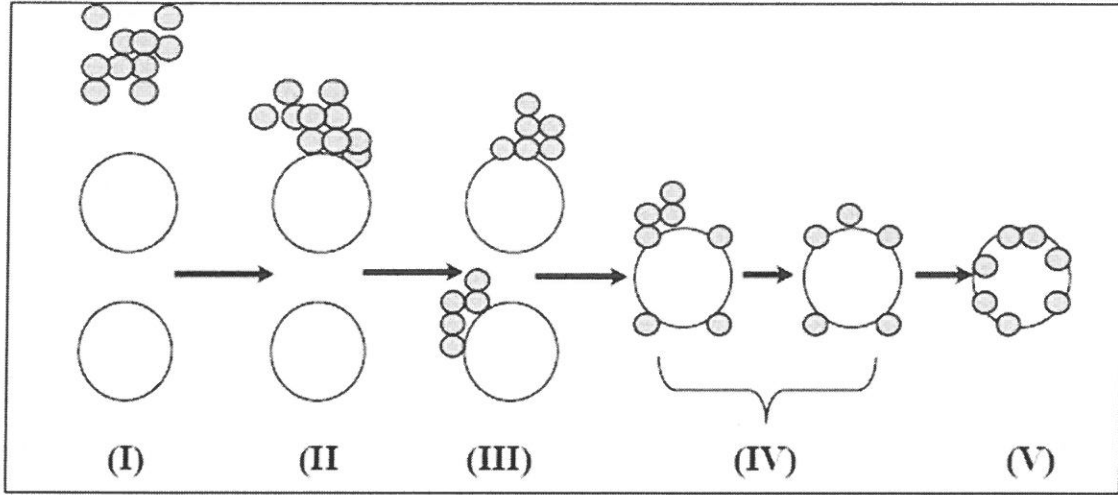
Şekil 2.1 Kuru partikül kaplama işlemi (Kangwantrakool and Shinohara 2001).

Kuru kaplamanın konusu kuru toz karıştırma ile çok yakından ilgilidir. Düzenli karıştırma ile daha büyük parçacıkların yüzeyleri gevşek bir şekilde küçük parçacıklarla kaplanır. Kuru parçacık kaplamada da, aynı şey olur; bununla birlikte, yüzey kaplama için gereken bağ daha güçlü fiziksel (veya kimyasal) yapıda olmakla birlikte daha kalıcıdır (Pfeffer *et al.* 2001).

Düzenli karıştırma ile ilgili ilk çalışmalar Hersey ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (Yip and Hersey 1977). Japon bir grup tarafından yayınlanan bir dizi makalelerde açıklandığı gibi düzenli karıştırma kavramı da, kuru darbe harmanlama kullanarak (kuru kaplama) bir adım daha ileri götürülmüştür (H. Honda *et al.* 1987). Birçok farklı kuru kaplama makineleri geliştirilmesi malzemelerin yeni tiplerinin oluşturulmasına izin vermiştir. Mujumbar ve ark. (Mujumdar *et al.* 2004) Carnauba mumu ile yüzey kaplaması tarafından magnezyum tozu ile zeminin nem direncini artırmak için kuru kaplama çalışmaları yapmıştır. Yang ve ark. (Yang *et al.* 2005) nano ölçekli silika ile kaplanarak mısır nişastasının akışkanlığını geliştirmenin mümkün olduğunu göstermiştir (Pfeffer *et al.* 2001).

Tozlar ve ana misafir parçacıklar arasındaki etkileşimin fiziksel ve fiziksel-kimyasal karakterizasyonu, nihai ürünün kalitesini etkileyen, özellikle fiziksel ve kimyasal kararlılık ve tozun yaşlanması gibi faktörlerde önemli bir rol oynamaktadır. Bu özellikler genellikle işlem ve çevresel koşullara (sıcaklık ve nem) bağlıdır (Pfeffer *et al.* 2001).

Tipik bir kuru partikül kaplama işleminde, kaba parçacıklar ince kohezif tozu ile mekanik olarak karıştırılır. Elde edilen karışım, daha büyük partiküllerin yüzeyine yapışan ince parçacıkların bir tabaka olması beklenmektedir. Alonso ve Alguacil, kuru partikül kaplama mekanizmasını incelemiştir. Onlar istatistiksel bir model ve deneysel gözlemlerini kullanarak, kuru parçacık kaplama işlemlerinde taşıyıcılar üzerinde ince partikül transferi kinetiği ile anlatmaya çalışmışlardır. Model kaplama işlemi aşamalarını benzer şekilde karışımda kaba-ince parçacıkların ve ince parçacıkların konsantrasyonu arasındaki parçacık boyutu oranının etkisi gibi bazı parametreler de kullanılmıştır. Alonso ve Alguacil Şekil 2.2' de mikserin özel bir türü olan Angmill Mekanik füzyon Sistemde kuru parçacık kaplama aşamalarını anlatmıştır (Alonso and Alguacil 1999).



**Şekil 2.2** Mekanik Füzyon Kuru Parçacık Kaplama Mekanizması (I) Başlangıç durumu, (II) İlk taşıyıcı oluşumu, (III) Taşıyıcıların kaplanmamış parçacıklara aktarılması, (IV) taşıyıcı yüzeyinde aglomera ve dağılım kesiliyor, (V) Mekanik füzyon (Alonso and Alguacil 1999).

### 2.1.2 Yüzey Modifikasyon Çalışmaları

Yoğurtçuoğlu ve Uçurum (2011) Yüksek devirli karıştırıcı ile sodyum oleat kullanarak mikronize kalsitin yüzey modifikasyonunu araştırmışlardır. Çalışmada reaktif miktarı, karıştırma hızı, karıştırma süresi, kalsit/bilye oranı, bilye doluluk oranı gibi farklı parametrelerin etkisi istatistikî deney tasarımı ile ortaya konmuştur. Yüksek devirli karıştırıcıda yapılan yüzey modifikasyonu sonrası mikronize kalsitin aktive oranı % 0'dan % 99.9' lara çıkartılarak kaplama iyileştirmesi çalışmaları yapılmıştır (Yoğurtçuoğlu ve Uçurum 2011).

Mihajlovic ve arkadaşları ise (2009) gerçekleştirdikleri çalışmada toplam yüzey alanı  $4.8 \text{ m}^2/\text{g}$  olan kalsit numunesinin yüzey modifikasyonu çalışmalarını stearik asit kullanarak yapmışlardır. Deneyler kalsit numunesi ile kloroformda çözüldürülmüş stearik asidin belirli oranlarda (% 0.5, 1, 1.5, 2, 3 ve 4) kullanılması ile elde edilen süspansiyon  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ' de 4000 d/dak hızda 15 dakika karıştırılarak kalsit kaplaması yapılmıştır. En düşük stearik asit oranı olan % 0.5' de % 65.5 aktive oranı ile kaplama elde edilirken % 1.5 stearik asit oranı ve sonrası için bu değer % 99.9'a çıkarılmıştır (Mihajlovic *et al.* 2009).

Sekulic ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise % 1, 2, 3 ve 4 oranlarında stearik asit kullanılarak kalsitin modifikasyonunu araştırılmıştır. Deneyler kalsit numunesi ile kloroformda çözündürülmüş stearik asidin belirli oranlarda (% 0.5, 1, 1.5, 2, 3 ve 4) kullanılması ile elde edilen süspansiyon 50 °C' de 4000 d/dak hızda 15 dakika karıştırılarak kalsit kaplaması yapılmıştır. Kaplama derecesinin ne derece verimli olduğunu ölçmek adına yapılan yüzdürme testleri, kalsitin yüzebilme özelliğinin (hidrofob özellik kazandırma verimi) kalsit yüzeyindeki stearik asit miktarı arttıkça yükseldiğini ve % 2 stearik asitte % 99,9 aktive oranı ile en iyi kaplama sonucunun elde edildiğini tespit etmişlerdir (Sekulic *et al.* 2009).

Hao, D. ve arkadaşları (2007) gerçekleştirdikleri çalışmada mekano-kimyasal yüzey modifikasyonu ile kalsiyum karbonatın yağ karıştırılmalı değirmende cam bilyeler kullanılarak modifikasyon çalışmaları yapmışlardır. Çalışmalarında sodyum dodesil sülfat (SDS), tane iriliği (d50) 6.33, 1.094 ve 0.77 mikron olan kalsit numuneleri kullanmışlardır. Optimum çalışma şartlarında hidrofilik kalsiyum karbonat yüzeyi hidrofobik hale dönüştürmüşlerdir (Hao *et al.* 2007).

Gomari ve arkadaşları ise (2006) üç farklı yağ asidi (stearik asit, oleik asit ve 18-cyclohexyl-octadecanoic asit) ile kalsitin yüzey modifikasyonunda sülfat iyonlarının etkisini araştırmışlardır. Deneysel çalışmalarda 3,94 m<sup>2</sup>/g yüzey alanına sahip toz kalsit minerali kullanılmış olup sülfat iyonlarının eldesi için Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> den yararlanılmıştır. Çalışmada iki farklı modifikasyon çalışması yapılmış bunlardan birincisi azot ortamında diğeri ise yağ olarak yağ asitlerinin n-decane içinde çözündürülerek 45 rpm/dakika hızında karıştırıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yağ asidi çeşitlerinin adsorpsiyon değerleri incelenmiş, Kalsit yüzeyinde adsorbe olan uzun zincirli yağ asitlerinin adsorpsiyon/deadsorpsiyon mekanizmalarında sülfat iyonlarının etkin olduğu tespit edilmişlerdir (Gomari *et al.* 2006).

Yine Gomari ve ark., (2006) gerçekleştirdikleri çalışmada dört farklı yağ asidi; stearik asit (SA), oleik asit (OA), phenolctadecanoic asit (PODA) ve cyclohexyloctadecanoic asit (CHOA) kullanarak mika ve kalsit numuneleri üzerinde modifikasyon deneyleri yapmışlardır. Çalışmada iki farklı modifikasyon çalışması yapılmış bunlardan birincisi

azot ortamında diğeri ise yağ olarak yağ asitlerinin n-decane içinde çözüldürülerek 45 rpm/dakika hızında karıştırıcı 20 saat çalıştırılarak yapılmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde Termogravimetrik analizlerden yararlanılmış ve mikanın söz konusu reaktiflerle kalsit kadar iyi derecede yüzey modifikasyonunun söz konusu olmadığı sonucuna ulaşmışlardır (Gomari *et al.* 2006).

Öztürk, (2006) polipropilen kompozit sistemlerinde kullanılmak amacıyla kalsiyum karbonat yüzeylerinin doğal gaz plazmasıyla yüzey değişikliği adı altında yaptığı yüksek lisans çalışmasında; kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) taneciklerinin yüzey değişikliği plazmada polimerleşmiş doğal gaz kullanılarak gerçekleştirilmiş ve  $\text{CaCO}_3$  dolgu yüzey değişikliğinin  $\text{CaCO}_3$ -Polipropilen kompozitlerinin mekanik özelliklerine etkisi ile farklı plazma değişkenleri; doğal gaz akış hızı ve plazma süresinin etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak; dayanım katsayısı değerlerindeki bazı artışlara rağmen,  $\text{CaCO}_3$  parçacıklarının doğal gaz plazma ile yüzey değişimi beklendiği üzere mekanik özelliklerde önemli bir artış sağlayamamıştır (Öztürk 2006).

Wu, W. ve ark (2003) yaptıkları çalışmada  $d_{50}=7.01$  mikron tane iriliğinde kalsiyum karbonat numunesi karıştırılmalı bilyeli değirmende zirkon bilyeler kullanılarak polimer aşılama (grafting) tekniği ile yüzey modifikasyonu gerçekleştirilmişlerdir. Kimyasal reaktif olarak Benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), Styrene ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_3$ ), Benzyl peroxide ( $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4$ ) kullanılmıştır. Modifikasyon deneyleri ön öğütme sonrasında gerçekleştirilerek bazı çalışma parametreleri aktive oranı ve dispersiyon oranı kullanılarak optimize edilmişlerdir. Aktive oranının yüzey modifikasyonunda etkili olduğu aktive oranı arttıkça yüzey modifikasyonun daha iyi olacağı belirtilmiştir (Wu *et al.* 2003).

## **2.2 Seramik Süspansiyon**

### **2.2.1 Sır Süspansiyonu**

Öğütülmüş uygun bileşimli seramik hammaddelerinden elde edilen ve seramik bünye üzerinde pişme neticesinde cam yapıya benzer bir yapı oluşturabilen karışımlara ve söz konusu tabakaya sır denir. Sır kavramı hem toz halindeki çoğu kez birden fazla sır

hammadesinin genelde suyla karıştırılarak elde edilen süspansiyonunu hem de bitmiş mamul üzerinde oluşturulan cam tabakasını kapsamaktadır. Seramik sırası olarak adlandırdığımız bu camların erime noktaları daima üzerine çekildiği camdan daha düşüktür (Kartal 1998).

Seramik sırlarında aranan en büyük özellik, üzerine uygulandığı bölge ile normal koşullarda fiziksel ve kimyasal bağlar kurmasıdır. Bu bağların çeşitli nedenler ile iyi veya zayıf olmaları sonucu, sıranın başarısı da belirlenmiş olur (Arcasoy 1983).

### 2.2.2 Frit

Öğütülüp toz haline getirilmiş seramik hammaddelerin bir reçeteye göre tartılıp karıştırıldıktan sonra eritilmesi ve eriyiğin hızlı bir şekilde soğutulması sonucunda ortaya çıkan cam yapılı ara ürüne frit denir (Parmelee 1951).



**Resim 2.1** Frit üretim aşaması.

Fritleştirilmenin amaçları:

Sır hazırlama aşamasında insan sağlığı için zararlı hammaddelerin fritleştirilmesi söz konusu zararları ortadan kaldırır (Parmelee 1951).

Frit, sır harmanının temelini oluşturur. Miktar olarak karşılık geldiği hammadde miktarından daha az yer kaplar. Ayrıca, kimyasal açıdan daha az aktiftir çünkü ayrışmanın ve reaksiyonların olduğu ısıl süreçler tamamlanmıştır. Dolayısıyla, frit kullanıldığında bünyedeki ve sırdaki sorunlar minimuma indirilir. Fritleştirilmiş sır daha

ince bir tabaka şeklinde uygulanır ve bu sayede de ürün hatlarına daha iyi uyum sağlar (Parmelee 1951).

Hammaddeler yoğunluk, boyut, şekil veya sertlik gibi özellikleri açısından farklılık gösterebileceğinden sır harmanında ayrışmalara neden olur. Fritleştirme bu eğilimi önlediğinden hem harmanda hem de son üründe homojenlik sağlar (Parmelee 1951).

Seramik karo kaplama, süs ve sofraya eşyaları üreticilerinin üretimlerinde kullandıkları sıranın ana hammaddesi frittir ve maliyette çok önemli bir unsurdur. Bor ürünleri fritin önemli hammaddelerindendir. Bor mineralleri (kolemanit, üleksit, tinkal) ve ürünleri (Boraks, Borik asit) flaks ve bağlayıcılık özellikleriyle sıranın camı görünümünü geliştirdiği gibi, yüzeyde oluşacak çatlama ve kavrama gibi yüzey hatalarına mani olur ve genleşme değeri düşük olduğu için sıranın bisküvi ile uyuşmasına önemli katkıda bulunur (Özaslan 2002).

Fritli sırlar genellikle bünyelerinde belirli oranlarda frit ihtiva eden sırlardır. Fritler hammadde karışımlarının 1400–1600 °C sıcaklık aralıklarında eritilmesi ve sonrasında suda şoklama ile elde edilen camı bileşiklerdir. Karo ve sofraya eşyaları sırları, bileşimlerinde belirli oranlarda frit veya çeşitli frit karışımları ihtiva edebilir. Belirli bir kompozisyonu fritleştirerek kullanmak geniş bir çalışma aralığı sağlar. Kristalin hammaddeler belirli bir sıcaklık veya dar bir sıcaklık aralığında erirler buna karşı fritler geniş bir sıcaklık aralığında eriyerek camı yapı oluştururlar. Alkali oksit içerikli hammaddeler sudaki çözünürlükleri nedeniyle ham sır uygulamaları için uygun değildir. Frit kullanımı ile nihai sır bileşimindeki alkali oranını arttırmak mümkündür (Fröberg 2007).

1200 °C gibi düşük sıcaklıkların altında pişirilen mamullerin sırlarında önemli oranda frit bulunur. Sıcaklık düştükçe bileşimdeki frit oranı yükselir. Fayans sırlarında % 90'ın üzerinde frit kullanılır ve bir miktar ince taneli temiz kil yüzdürücü olarak ilave edilir. Porselen gibi yüksek sıcaklıklarda pişirilen mamullerin sır bileşimlerinde fritin yer almasına gerek yoktur. Kaolen, kuvars, feldspat, kalsit, magnezit ve dolomit gibi hammaddelerin uygun oranlarda karıştırılması ile bu sıcaklıklarda aranan özelliklere



sahip olan sır tabakalarının elde edilmesi hiçbir sorun oluşturmamaktadır. Buna karşın düşük sıcaklıklarda aranan özelliklerde sır tabakası elde edebilmek için hem erime sıcaklıkları hem de eriticilik özellikleri yüksek bor ve/veya kurşun bileşiklerinin kullanılması kaçınılmazdır. Bu hammaddeler ham olarak kullanılmaları halinde bir takım sorunlar oluşturdukları için ancak fritleştirilerek kullanılabilirler. Kurşun bileşikleri oldukça toksin özellik gösterirler. Silikatlarla eritilerek bağlanmaları durumunda çözünmez hale geldikleri için bu sorun ortadan kalkar. Bor bileşiklerinin hepsi yüksek oranda kristal suyu ihtiva ederler. Sır yapımında temizlik bakımından en uygun olan Borik asit ve Boraks ayrıca suda çözünme özelliği de gösterirler. Ülkemizde cevher olarak üretilen kolemanit ve üleksit sırda ham olarak kullanılmaları durumunda akışkanlığı kötüleştirir ve ihtiva ettikleri kristal suyunun pişirim esnasında ani atılması tabakada bozulmalara ve çatlamalara neden olmaktadır. Dolayısıyla bu hammaddelerle de düzgün bir sır tabakası elde etmek ancak fritleştirilerek kullanmak suretiyle mümkündür (Kartal 2002).

Aynı bileşimdeki ham bir sıra göre frit daha çabuk ve biraz daha düşük sıcaklıklarda erir. Çünkü gerek gaz çıkışı yapan reaksiyonlar gerekse komponentlerin kendi aralarındaki reaksiyonları fritleştirme prosesi esnasında gerçekleşir. Bilhassa hızlı pişirim açısından frit kullanımı kısa sürelerde düzgün yüzey oluşumu bakımından avantaj sağlamaktadır (Kartal 1998).

### **2.3 Bor Mineral ve Bileşikleri**

Bor mineral ve bileşikleri, seramik, cam, tarım, metalürji, nükleer uygulamalar gibi çeşitli sanayi kollarında kullanılmaktadır. Bor oksit seramik sanayinde sır yapımında kullanılmaktadır. Sıra en önemli etkileri; viskoziteyi düşürür, erime noktasını düşürür, parlaklık verir (Lyday 1996).

Doğada 200' den fazla bor oksit içeren mineral bulunmaktadır. Bor mineralleri alkali, toprak alkali, bor oksit ( $B_2O_3$ ) ve su içeriklerine, ayrıca kristal yapılarına göre farklı isim alırlar. Bu minerallerden yalnızca bazıları (tinkal, kolemanit, üleksit, sulu borik asit, sasolit, pandemit, havlit ve kernit) ticari öneme sahiptir. Aslında endüstride kullanılan boratların % 90'ını üç mineral oluşturur. Bunlar; sodyum boratlı boraks,

sodyum ve kalsiyum boratlı üleksit ve kalsiyum boratlı kolemanittir (Kister and Helvacı 1994).

**Çizelge 2.1** Ticari öneme sahip bor bileşikleri.

<b>Mineral</b>	<b>Formül</b>	<b>% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>
Boraks (tinkal)	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	36.5
Kernit (razorit)	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·4H <sub>2</sub> O	51.0
Üleksit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> ·8H <sub>2</sub> O	43.0
Probertit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> ·5H <sub>2</sub> O	49.6
Kolemanit	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> ·5H <sub>2</sub> O	50.0
Pandermit (priseit)	Ca <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>19</sub> ·7H <sub>2</sub> O	49.8
Borasit	Mg <sub>3</sub> B <sub>7</sub> O <sub>13</sub> Cl	62.2
Szalbelyit	MgBO <sub>2</sub> (OH)	41.4

Endüstride kullanılan bor ürünleri, üretim aşamaları ve prosesleri ile kullanım alanları dikkate alınarak; ham bor, konsantre bor, rafine bor ve özel bor ürünleri olmak üzere dört grupta sınıflandırılabilir. Borun mineral yataklarından çıkarılması sonucu elde edilen ve herhangi bir zenginleştirme ve sınıflandırma gibi işlemlere tabi tutulmamış türüne ham bor (tinkal, kolemanit, üleksit, pandermit vb.), ham borun cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemine tabi tutularak B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğinin yükseltilmesiyle doğrudan veya dolaylı olarak kullanılabilir duruma getirilmesi ile elde edilen bor türüne konsantre bor (konsantre tinkal, konsantre kolemanit, öğütülmüş kolemanit vb.), uygun yapıda ki ham veya konsantre bor cevherinin kimyasal reaksiyona tabi tutularak yabancı minerallerin uzaklaştırılması yada kimyasal bir reaksiyon sonucu oluşan yabancı maddelerin arındırılmasına yönelik uygulanan rafinasyon işlemleri sonucu üretilen bora rafine bor (boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, borik asit vb.), rafine bor ürünlerinin daha ileri rafinasyona ve/veya metalürjik-kimyasal bir işleme tabi tutulmasıyla elde edilen ürünlere özel bor ürünü (çinko borat, bor nitür, bor karbür vb.) adı verilir (Hawthorne *et al* 1999, Helvacı 2005).

### 2.3.1 Bazı Önemli Bor Bileşikleri

#### 2.3.1.1 Borik Asit

Borik asit bütün bor cevherlerinden sulu sistemle elde edilen nihai üründür. Borik asidin yaklaşık % 43'ünün su olması, susuz gerçekleştirilen üretimlerde bor oksit kaynağı olarak kullanılmaktadır. Zaten, bor oksit de yaygın olarak susuz borik asit olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca, Borik asidin orto, meta gibi formları mevcut olup kararsız bir yapıya sahiptir. Bu yüzden içerdiği sudan arındırılarak yani bor oksit olarak kullanımı tercih edilmektedir.

Borik asit, molekül ağırlığı 61,83 g/mol, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği % 56.3 ve ergime noktası 169 °C olan kristal yapıya sahip bir maddedir. Oda sıcaklığında sudaki çözünürlüğü az olmasına rağmen, sıcaklık yükseldikçe çözünürlüğü de önemli ölçüde artmaktadır.

**Çizelge 2.2** 100 gr suda çözülmüş Borik asit miktarı (Gerhartz 1995).

Sıcaklık (°C)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Çözünürlük (gram)	2.52	3.49	4.72	6.23	8.08	10.27	12.97	15.75	19.1	23.27	27.53

#### 2.3.1.2 Boraks

Doğada renksiz ve saydam olarak bulunmaktadır. Ancak içinde bulunan maddelerden dolayı pembe, gri veya sarı renkte de olabilir. Kristal iken Mohs sertliği 2-2.5, özgül ağırlığı 1.7 g/cm<sup>3</sup>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği % 36.6'dır. Tinkal suyunu kaybederek kolaylıkla tinkalkolonite (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.5H<sub>2</sub>O) dönüşebilir. Kille ara katkılı tinkalkonit ve üleksit birlikte bulunur. Boraks flaks özelliği nedeniyle sır için önemli bir hammaddedir fakat suda çözünür ve suda çözünürlüğü sıcaklıkla artar.

**Çizelge 2.3** 100 gr suda çözülmüş Boraks miktarı (Gerhartz 1995).

Sıcaklık (°C)	0	20	40	60	80	100
Çözünürlük (gram)	2.29	5.14	12.84	46.1	79.6	191.1

**Çizelge 2.4** Boraksın çeşitli çözücülerdeki çözünürlüğü (Kroschwitz and Seidel 2007).

Çözücü	Sıcaklık (°C)	Boraks (%)
Gliserin % 98.5	20	52.6
Gliserin % 86.5	20	47.1
Etilen glikol	25	41.6
Dietilenglikol	25	18.6
Metanol	25	19.9
Etil alkol % 46.5	15.5	2.48
Etil alkol % 95	36	0.24
Aseton	25	0.64
Etilasetat	25	0.14

Frit üretiminde teorik olarak bor ürünleri yerine belirli oranda bor mineralleri kullanılabilirse de iki nedenden dolayı günümüzde bu olasılık mümkün değildir (TS 2007).

**Çizelge 2.5** Frit ve seramik üretimde kullanılan toplam bor (TS 2007).

Kullanım Yeri	Bor ürünleri (ton/yıl)	Bor mineralleri (ton/yıl)
Seramik frit üretiminde	10500	-
Emaye frit üretiminde	2500	3500
Seramik kap. malz. üretiminde	-	2000

### 2.3.1.3 Kolemanit

Kolemanit  $\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  formülüne sahip, monoklinik sistemde kristalleşen, Mohs sertliği 4-4.5, özgül ağırlığı  $2.42 \text{ g/cm}^3$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 50.8 olan bor mineralidir. Suda yavaş, hidroklorik asitte (HCl) hızla çözünür. Zdanovskii ve Imamutdinova tabii boratların hidroklorik asitli çözeltilerde çözünme hızlarını incelemişlerdir. % 5'lik HCl çözeltisinde kolemanit ve hidroborasitin çözünürlüğünün maksimum olduğundan söz etmişlerdir. Çözünme reaksiyonu sonucu suda çözünebilir ürünlerin elde edildiği belirtilmiştir (Zdanovskii ve Imamutdinova 1965).

### 2.3.2 Bor Mineral ve Bileşiklerinin Sırda Kullanımı

Ülkemizin bor kaynakları dünya rezervlerinin % 72' sine sahip olması nedeniyle seramikte bor bileşikleri kullanımında oldukça büyük bir avantaja sahiptir. Seramik karo-fayans, sıhhi gereçler, mutfak gereçleri, laboratuvar gereçleri, elektro porselenler, cam, mühendislik seramikleri (hafif zırh malzemeleri, kesici uç, pota vb.) gibi birçok alanda uygulanabilen malzemelerdir. Bu ürünler üretilirken bünyede ve sırda bor ürünleri kullanılmaktadır. Örneğin bor minerali dünyada % 43'ü cam ve cam elyafı, % 11'i seramik sektöründe tüketilmektedir. Ülkemizde ise % 12'si cam ve cam elyafı, % 38'i seramik sektöründe tüketilmektedir (Töre 2002).

Borik asit ve Boraks doğal hammaddelerin zenginleştirilmesi veya sentezlenmesi ile elde edildikleri, dolayısıyla sabit bir bileşime sahip olup safsızlık içermediklerinden sırda kullanım için birinci derecede tercih edilmektedirler. Ancak suda çözündükleri unutulmamalıdır. Kolemanit ve üleksit gibi doğal bileşiklerin sır yapımında kullanılmaları durumunda süspansiyonun akma davranışları ve düzgün bir sır tabakası eldesi olumsuz etkilenmektedir. Kristal yapılarındaki yüksek su oranı pişirim esnasında sistemden uzaklaşırken sır tabakasının bozulmasına neden olmaktadır. Bahsedilen bu nedenlerden ötürü sır yapımında kullanılan tüm bor bileşikleri diğer sır hammaddelerle birlikte ancak fritleştirildikten sonra kullanılabilir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  tek başına eritildiğinde cam oluşturma özelliğine sahip oksitlerden bir tanesidir. Düşük sıcaklıklarda eriyebilmekte, diğer bileşenleri de etkili bir şekilde eritebilmekte, sıranın viskozitesini

düşürerek iyi bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Sır yüzeyine parlak bir görüntü kazandırmakta, ısıl genleşme katsayısını düşürmekte ve bilhassa asidik karakterdeki kimyasallara karşı dayanımı artırmaktadır. Yüksek oranlarda (kimyasal bileşimde % 12) kullanılması durumunda "bor tülü" olarak bilinen ve opak bir görünümü olan ayrışmalara neden olmaktadır (Matthes 1985).

Düşük sıcaklıklarda kullanılmak üzere sır tabakası elde edebilmek için hem erime sıcaklıkları hem de eriticilik özellikleri yüksek bor bileşiklerinin kullanılması kaçınılmazdır. Bor bileşiklerinin hepsi yüksek oranda kristal suyu ihtiva ederler. Sır yapımında temizlik bakımından en uygun olan Borik asit ve Boraks ayrıca suda çözünme özelliği de gösterirler. Ülkemizde cevher olarak üretilen kolemanit ve üleksit sırda ham olarak kullanılmaları durumunda akışkanlığı kötüleştirir ve ihtiva ettikleri kristal suyunun pişirim esnasında ani atılması tabakada bozulmalara ve çatlamalara neden olmaktadır. Dolayısıyla bu hammaddelerle de düzgün bir sır tabakası elde etmek ancak fritleştirilerek kullanmak suretiyle mümkündür (Kartal 1998).

Boratların sırda kullanımı suda çözünürlüğüne göre değişir. Suda yüksek oranda çözünen bor minerali Boraks ve bor bileşiklerinden Borik asit, Boraks pentahidrat gibi maddelerdir. Suda çözünen boratların sır hammaddesi olarak kullanılması durumunda bu maddeler fritleştirilmelidir. Düşük sıcaklık sırlarında bor oksit kaynakları (Boraks ve Borik asit) suda eriyen özellikte olduğundan frit yapılarak kullanılır. Kolemanit minerali, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaynağı olup suda çözünmez, bu yüzden bazı sırlarda çok popüler hale gelmiştir (Rhodes 1958, Kartal 2002).

Bor mineralleri (üleksit, tinkal, kolemanit) ve bor ürünleri (Boraks, Borik asit) seramik sırları ve emayelerin üretiminde kullanılan ana hammaddelerdendir. Bor mineralleri ve bor ürünleri flaks ve bağlayıcılık özellikleriyle sırnın camsı görünümünü geliştirdiği gibi, yüzeyde oluşacak çatlama ve kavlama gibi yüzey hatalarını engellemede yardımcı olur. Aynı zamanda genleşme değeri de düşük olduğu için sırnın bisküvi ile uyumuna önemli katkıda bulunur (Fröberg 2007).

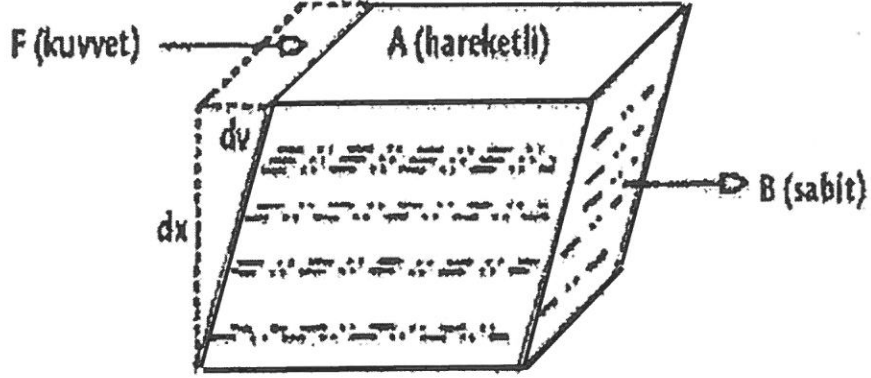
Boratlar sırn kırım indisini artırır. Parlaklığı artırarak sırn viskozitesini ve yüzey gerilimini düşürür. Sırn olgunlaşmasını hızlandırır ve düzgün bir yüzey oluşturur. Borat ilavesi mekanik dayanımı ve çizilmeye dayanımı artırır, kimyasallara ve su şoklarına dayanıklılık sağlar (Fröberg 2007).

Boratlar, çok kuvvetli eritici özelliği nedeniyle, cam ve sırn ana hammaddesi silikanın çok yüksek erime sıcaklığını düşürerek ekonomik ve teknolojik avantajlar sağlar. Eriyiğin viskozitesini düşürme özelliği nedeniyle erimiş cam ve sırn akıcılığını artırır. Böylece akıcılığı yüksek olan camın şekillendirilmesinde özellikle lif (elyaf) malzemelerin şekillendirilmesinde teknolojik ve ekonomik yararlar sağlanır. Sırda ise yüksek akıcılık düzgün yüzeyli sır oluşumunu sağlar. Çok düşük ısıl genleşme katsayısı nedeniyle ısıl şoklara dayanıklı cam ve sır elde edilir. Düşük yüzey gerilim katsayısı özelliği ile sırn bünye yüzeyinde toplanma hatasını önler, yüzeye homojen yayılmasını sağlar, kristallenmeyi engellediğinden cam ve sırn saydamlığını ve parlaklığını artırır çünkü kristallenme ve camlaşma birbirine zıt kavramlardır. (Stefanov 1988, Roskill 1999).

## 2.4 Reoloji

Viskozite, bir sırnın akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Viskozite arttıkça direnç de artar. Viskoziteyi kısaca şu şekilde açıklayabiliriz: Paralel molekül tabakalarından oluşmuş, yüzeyi  $1 \text{ cm}^2$  ve yüksekliği  $1 \text{ cm}$  olan "blok" (bir deste kart gibi) bir sırn düşünelim (Şekil 2.3). Tabakaların en alt yüzeyinin sabit olduğunu kabul edelim. En üstteki sırn tabakası sabit bir hızla ( $1 \text{ cm/sn}$ ) hareket ettirildiğinde, diğer bütün tabakalar, en alttaki sabit tabakaya uzaklıkları ile orantılı bir hızla hareket edecektir. Her tabakanın farklı ivmesi olacaktır. Sırnın iç sürtünmesine bağlı olarak da, kuvvetin uygulandığı tabakaya yakın olan tabakalar hızlı, uzak olanlar yavaş hareket edecek erdir. Sırnı bloğunun sabit olan alt tabakasının yerinde durabilmesi için uygulanan  $F$  kuvvetine ters yönde ve eşit değerde bir kuvvete ihtiyaç duyulacaktır.  $F$  kuvveti bir gerilim meydana getirecektir. Kuvvetin uygulandığı sırn yüzeyinin alanı  $A$  ve hareketi başlatmak için gereken kuvvet de  $F$  ise, birim alana düşen kuvvet  $F/A$  olacaktır. Buna kayma gerilimi (shearing stress) denir. Bu gerilim düzlemlerin yer değiştirmesine de

neden olur. Bu yer değiştirmede, düzlemler arasındaki akışa dik yöndeki uzaklığa  $x$ , düzlemlerin kayma hızına da,  $v$  diyecek olursak;  $dv/dx$  kayma hızı (shear rate) oranı veya kayma deformasyonunun değişme hızıdır. Buna biçimsel değişim çabukluğu (oranı) da denir (İzgü 1984).



Şekil 2.3 Blok tabakalar arasında kayma hızının gösterimi (İzgü 1984).

Tek tek tabakaların birbirine göre hareketini frenleyen kuvvete sıvıların iç sürtünmesi veya *dinamik viskozitesi (mutlak viskozite)* denir. Değişik sıvıların viskozitesi bu sıvıların iç sürtünme kuvvetlerinin bir ifadesi olarak tanımlanır. Viskozitenin birimi uluslararası fizik birim sisteminde poise (P)' dir. Poise' nin yüzde biri olan centipoise (cP) daha çok kullanılmaktadır (İzgü 1984).

*Akışkanlık* viskozitenin tersi olarak tanımlanır.

$$\phi = \frac{1}{\eta} \quad (2.1)$$

Newton, sıvıları akış özelliklerine göre iki sınıfa ayırmıştır:

- a) Newtonian akış gösterenler
- b) Newtonian olmayan akış gösterenler



## 2.4.1 Akma davranışları

### 2.4.1.1 Newtonian Akış

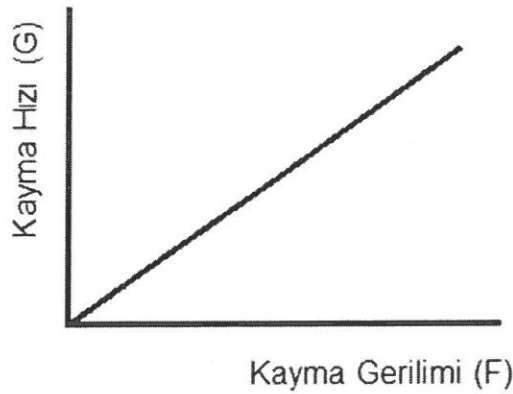
Newtonian akış gösteren sistemlerde kayma gerilimi (shear stress) kayma deformasyonunun değişme hızı ile (shear rate) orantılı olarak artmaktadır (Martin 1993).

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dx} = \frac{\text{dyn.sn}}{\text{cm}^2} \quad m = \frac{\text{gcm/sn}^2 \times \text{sn}}{\text{cm}^2} = \frac{\text{g}}{\text{cm.sn}} \quad (2.2)$$

$\eta$ , viskozite katsayısı olup, genellikle viskozite olarak tanımlanır. Yukardaki eşitlik aşağıda belirtilen şekilde de yazılabilir (Martin 1993).

$$\eta = \frac{F'}{G} \quad F' = \frac{F}{A} \quad \text{ve} \quad G = \frac{dv}{dx} \quad (2.3)$$

Akış eğrisine *reogram* denir. G' ye karşı F grafiğe geçirilerek elde edilir. Şekil 2.4' de Newtonian bir sistemin reogramı görülmektedir. Bu sistemlerde akış eğrisi orijinden geçen bir doğrudur (Martin 1993).



Şekil 2.4 Newtonian bir sistemin reogramı (Martin 1993).

#### 2.4.1.2 Newtonian Akış Göstermeyen Sistemler

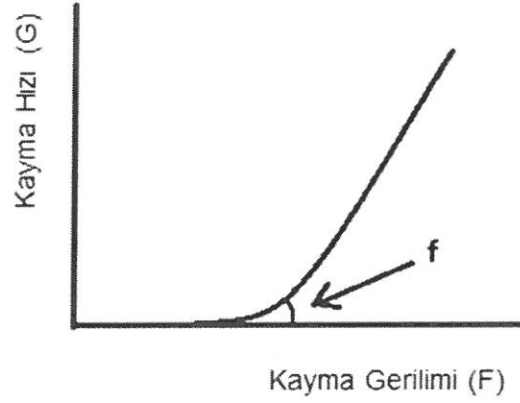
Bu sistemler Newtonian akış eşitliğine uymazlar. Örnek olarak emülsiyonlar, süspansiyonlar, losyonlar ve merhemler gösterilebilir (Martin 1993).

Newtonian olmayan akış eğrileri üç sınıfa ayrılır (Martin 1993):

- a) Plastik akış
- b) Pseudoplastik akış
- c) Dilatant akış

*Tiksotropi* bazı kaynaklarda ayrı bir akış tipi olarak değerlendirilmektedir. Bu bölümde tiksotropi, akış tiplerinin zamanla değişmesi olarak değerlendirilmiştir. Newtonian olmayan sıvıların akış davranışları geniş bir aralıkta olabilir. Temel karakteristikleri, viskozitenin kayma hızı (shear rate) ile doğrudan orantılı olmamasıdır. Diğer bir deyişle, viskozite kayma hızı ile değişir. Newtonian akış göstermeyen bazı sıvılar, zamana bağlı olarak da değişiklik gösterirler (Martin 1993).

Plastik akış, Şekil 2.5' de plastik akış reogramı görülmektedir. Bu akış tipi modern reolojinin araştırmacılarından olan *Bingham*'ın adına izafeten *Bingham akış* olarak da adlandırılmaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi, plastik akış eğrisi orijinden geçmez. Bu tip sıvılar hemen akmazlar ve kayma gerilimi belli bir eşik değerine (yield value) ulaşınca akış görülür. Reogram, başlangıçta eğri, daha sonra doğru şeklindedir. Sıvı, doğrunun x eksenini kestiği noktadan sonra akmaya başlar. Eşik değeri altındaki gerilimlerde elastik bir madde gibi davranır. Eşik değerinden sonra kayma gerilimindeki artış, kayma hızı ile orantılı olarak artar. Eşik değerinden sonra Newtonian sistemlerin akışı gibi davranış gösterirler (Martin 1993).



Şekil 2.5 Plastik akış reogramı (Martin 1993).

Plastik viskozite aşağıda gösterilen eşitlik ile tanımlanır (Martin 1993):

$$U = \frac{(F-f)}{G} \quad (2.4)$$

Burada, U, plastik akış; F, kayma gerilimi; f, eşik değeri; G, kayma hızıdır. Plastik akış daha çok süspansiyonlarda ve floküle olmuş sistemlerde görülür. Uygulanan kayma gerilimi flokülasyon kuvvetini aştıktan sonra görülür. Eşik değerine ulaşıncaya partiküller arasındaki van der Waals kuvvetinden doğan bağlar kopar (Martin 1993).

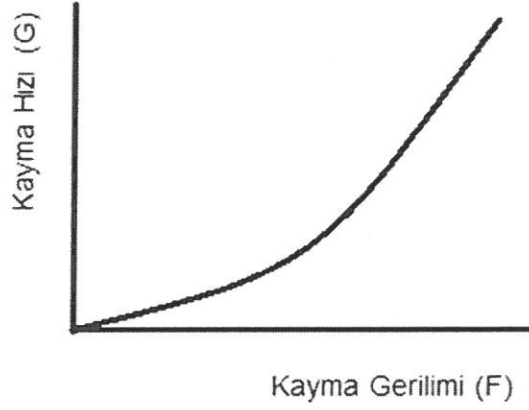
Pseudoplastik akış, Şekil 2.6' da görüldüğü gibi, akış reogramı orijinden başlayan bir eğridir. Bingham akışın aksine, bu akışta eşik değeri yoktur. Pseudoplastik bir maddenin viskozitesi tek bir nokta ile ifade edilemez. Pseudoplastik bir maddenin viskozitesi kayma hızı arttıkça azalır (Wood 1986).

Çok sayıdaki farmasötik maddeler, örneğin, doğal ve sentetik zamlar, kitre zamkı, sodyum aljinat, metil selüloz ve sodyum karboksimetil selülozun dispers iyonları pseudoplastik akış gösterir. Polimer çözeltileri ve polimerleri içeren yarı katı sistemler de pseudoplastik akış gösterirler (Wood 1986).

Pseudoplastik akış aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır (Wood 1986):

$$F^N = \eta G \quad (2.5)$$

F, kayma gerilimi; G, kayma hızı;  $\eta$ , viskozite katsayısıdır. N değeri, N 1'e yaklaştıkça akış, Newtonian davranış gösterir. N değeri yükseldikçe Newtonian olmayan akış oluşur (Wood 1986).



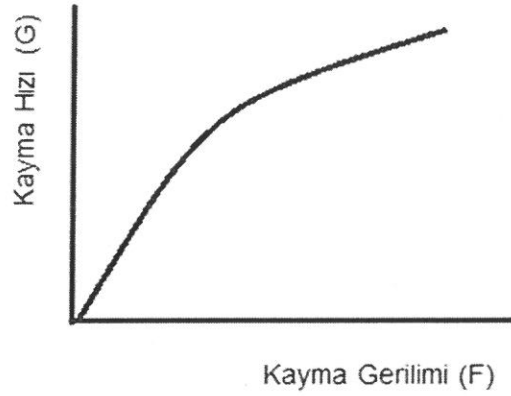
Şekil 2.6 Pseudoeplastik akış diyagramı (Wood *et al.* 1986).

Eşitlik 2.5 logaritmik olarak da yazılabilir (Wood *et al.* 1986):

$$\log G = N \log F - \log \eta \quad (2.6)$$

$\log F$ 'nin bir fonksiyonu olarak  $\log G$  grafiğe geçirilirse bir doğru elde edilir (Wood *et al.* 1986).

Dilatant akış, Pseudoplastik akışın tersi davranış gösterir. Kayma gerilimi arttıkça viskozite de artar. Artan hız gradyanı ile akışa karşı direnç de artar. Yani karıştırdıkça ortam koyulaşır. Konsantre partiküllerin dispersiyonları, süspansiyonlar, emülsiyonlar ve yağlı boyalar örnek olarak gösterilebilirler. Özellikle % 50 konsantrasyonda veya daha fazla defloküle katı partikülleri içeren süspansiyonlarda görülür (Martin 1993).



Şekil 2.7 Dilatant akış reogramı (Martin 1993).

Dilatant sistemleri tanımlamada 5.6 nolu eşitlik kullanılabilir. Burada  $N$  her zaman 1'den azdır. Dilatant özellik arttıkça,  $N$  azalır. Dilatant akış davranışını basit olarak şöyle açıklayabiliriz: Partiküller, partiküller arası hacimleri ile çok sıkı bir şekilde yerleşmişlerdir (Şekil 2.8). Partiküller arasında minimum olan boşluk hacmi, kayma hızı oranı arttıkça artar. Süspansiyonlarda bu boşluğu doldurmak için yeterli olan taşıyıcı miktarı, düşük kayma hızındaki bu boşlukları doldurmaya yeterli değilse ve partiküller süspansiyon ajanı ile tamamen ıslanamıyorsa süspansiyon sert bir pat kıvamını alır. Şişeden akabilen süspansiyonda kayma hızı artınca, akışa karşı direnç de artar (Martin 1993).

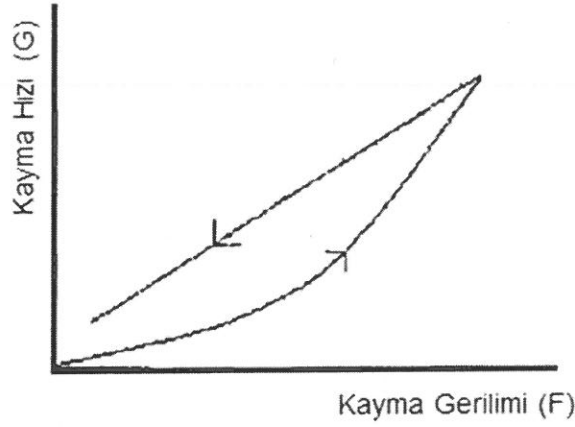


Şekil 2.8 Dilatant akış mekanizması (Martin 1993).

## 2.4.2 Tiksotropi

Zamana bağılı olarak akış özelliğinin değişmesidir. Dispers sistemlerde sıkça meydana gelen bir olaydır. Tiksotropide gerilim ile viskozluğun geri dönüşümlü (reversibl) olarak azaldığı görülmektedir. Gerilim kalkınca zamanla eski haline dönerler (Şekil 2.9). Tiksotropik sistemlerin partikülleri silindir, disk veya çubuk şeklinde olabilir. Tiksotropik özellik gösteren sistemler izotermal olarak jel-sol-jel dönüşümünü gösteren dispersiyonlardır (Deem *et al.* 1988).

Gerilim durunca yapı fiziksel olarak katıdır. Gerilim uygulandığında ise akış başlar ve jel' den sol' e doğru bir değişim görülür ve yapı bozulur, gerilim kaldırıldığında yapı tekrar eski haline döner (Deem *et al.* 1988).



Şekil 2.9 Tiksotropi reogramı (Deem *et al.* 1988).

Tiksotropi ayrı bir akış tipi değil, ancak mevcut akış tiplerinin zamana bağlı yapısal değişimi olarak kabul edilir. Tiksotropik sistemlerin en belirgin özellikleri, çıkan ve inen eğrilerden oluşan bir reogram göstermeleridir. Reogramlardan görüldüğü gibi, biçimsel değişim çabukluğu artırıldığı veya azaltıldığı zaman eğri a' dan b' ye doğru yükselir ve oradan e' ye iner. Bu reogramlarda ab eğrisi çıkan eğri, be eğrisi ise inen eğridir, Tiksotropi çıkan ve inen eğri altında kalan alanın (histerize alanı) hesaplanması ile ölçülebilir. Plastik akışta tiksotropiyi değerlendirmek için iki yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi sabit bir kayma hızında, ikincisi ise artan kayma hızında zamanla yapıdaki bozulmanın saptanmasıdır (Deem *et al.* 1988).

### 2.4.3 Sıcaklığın Viskoziteye Etkisi

Sıcaklık ile viskozite arasındaki ilişki Arrhenius eşitliği ile açıklanır:

$$\eta = Ae^{E_v/RT} \quad (2.7)$$

Burada,  $\eta$ , viskozite; A, sıvının molekül ağırlığına ve molar hacmine bağlı değişmez;  $E_v$ , aktivasyon enerjisi; R, gaz değişmezi; T, mutlak sıcaklıktır. Farklı sıcaklıklarda ölçülen viskozite değerlerinin logaritmasının 1/T ye karşı grafiklenmesi sonucunda elde edilen doğrunun eğim ve kesişim değerinden sıvının aktivasyon enerjisi (E) ve A hesaplanabilir. Akıcılık sıcaklık ile artar. Bu nedenle viskozite ölçümleri sabit bir sıcaklıkta yapılmalıdır (Deem *et al.* 1988).

### 2.4.4 Sıvıların Reolojisi ve Modelleri

Viskozite sıvıların akış özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametre olup Viskozite bir akışkanın şekil biçim değişikliğine ya da katmanlar birbirine göre bağıl hareketine karşı gösterdiği direncidir. Bu özellik tüm akışkanlarda değişik düzeylerde görülmektedir. Akışkan molekülleri birbirlerini çekerek birbirlerine göre farklı ve bağıl hızlar kazanmalarını engellemeye çalışırlar (Zschimmer and Schwarz 2007).

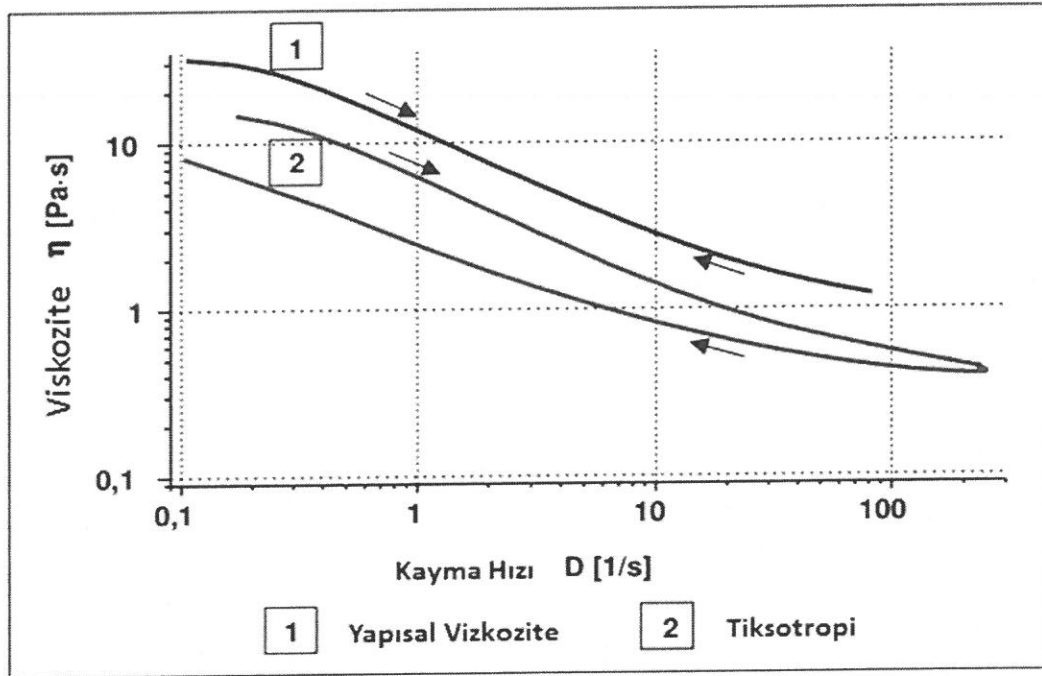
#### 2.4.4.1 Seramik Süspansiyonların Reolojisi

Reoloji: sıvı içerisindeki katı taneciklerin oluşturduğu süspansiyon şeklindeki bir maddenin akışkanlık özelliklerini açıklayan bir çalışma alanıdır ve kantitatif olarak viskozite ( $\mu$ ) terimiyle ifade edilebilir. Sıvı hazırlanma ve uygulama sürecinde de reolojik davranışları büyük önem taşımakla birlikte seramik süspansiyonunun reolojik özelliklerinin optimize edilmesi gerekmektedir. Zamana karşı sabit bir viskozite, sıcaklıkta kararlılık, iyi bir kapsama alanı ve kesintisiz akış, düşük basınç ile yüksek verim gibi şartlar reolojik özellikler bakımından süspansiyonun hazırlanmasında etkilidir (Zschimmer and Schwarz 2007).

Seramik süspansiyonların reolojik özellikleri karo, sıhhi tesisat ya da sofrta eşyaları olsun tüm nihai ürünlerde yüzey kalitesini etkilemektedir. Bundan dolayı seramik süspansiyonunun akış özelliklerini kontrol ederek uygulama özelliklerini optimize etmek seramik endüstrisi tarafından büyük önem taşımaktadır. Seramik süspansiyonun akış özellikleri (yapısal viskozite ve tiksotropi) ve akma sınırı, pratik uygulamalar için basit değerlendirmeler yapmak faydalı olmaktadır (Zschimmer and Schwarz 2007).

#### 2.4.5 Reolojik özelliklerin açıklanması ve değerlendirilmesi

Akış özellikleri: Bu terim yapısal viskozite ve tiksotropi maddelerin akış özelliklerini tanımlamak için kullanılır. Şekil 2.10, yapısal viskoz ve tiksotropik bir sistemin akış özelliklerini göstermektedir (Zschimmer and Schwarz 2007).



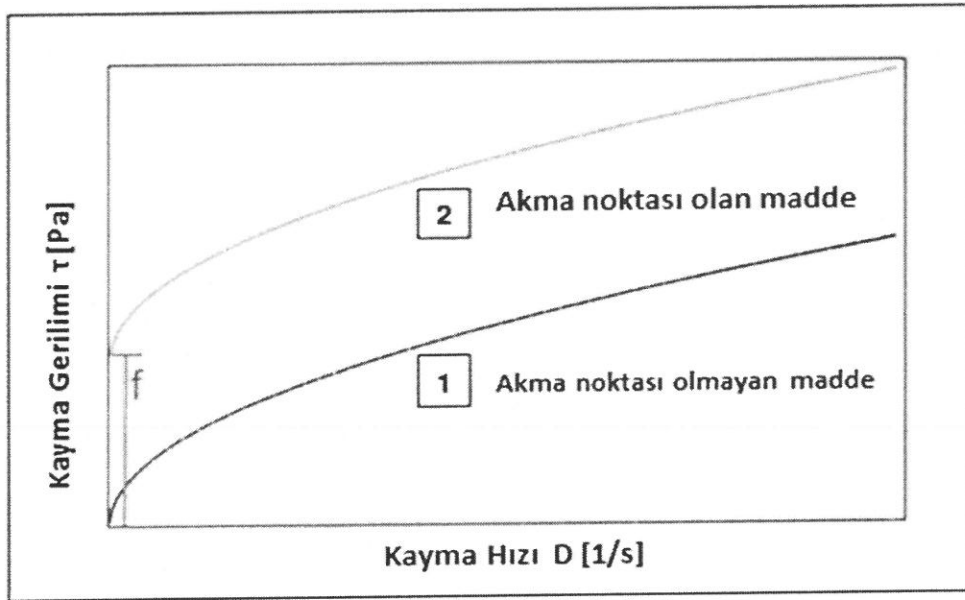
Şekil 2.10 Yapısal olarak, viskoz ve tiksotropik sistemin akış özellikleri (Zschimmer and Schwarz 2007).

Yapısal viskoz bir sistemde (eğri 1), viskozite zamana bağılı olmaksızın kayma hızının artmasıyla birlikte azalma gösterir ve kayma hızının azalmasıyla tekrar aynı şekilde viskozitede artış gözlenir. Tiksotropik sistemlerde ise (eğri 2), viskozite zamana bağımlıdır.



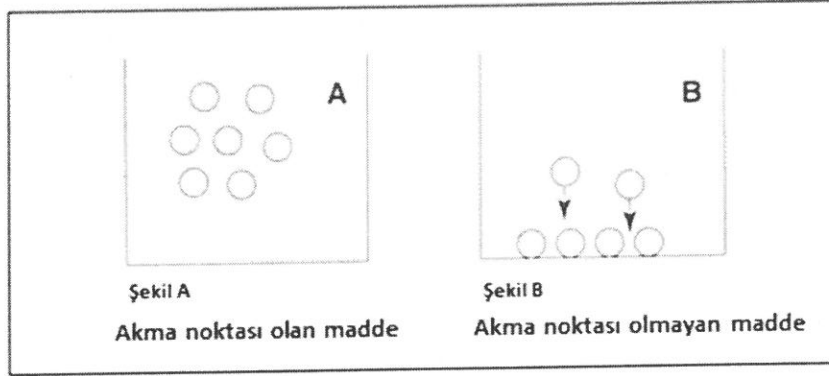
olarak artan kayma oranlarında artar. Bu nedenle tiksotropik sistemlerde viskozite kayma gerilmesi ve zamana bağlıdır (Zschimmer and Schwarz 2007).

Akma noktası, bir maddenin akmasına neden olmak için aşılması gereken dirençtir. Akma noktası olan veya olmayan malzemeler vardır. Bu çeşit malzemeler Şekil 2.11' de gösterilmektedir (Zschimmer and Schwarz 2007).



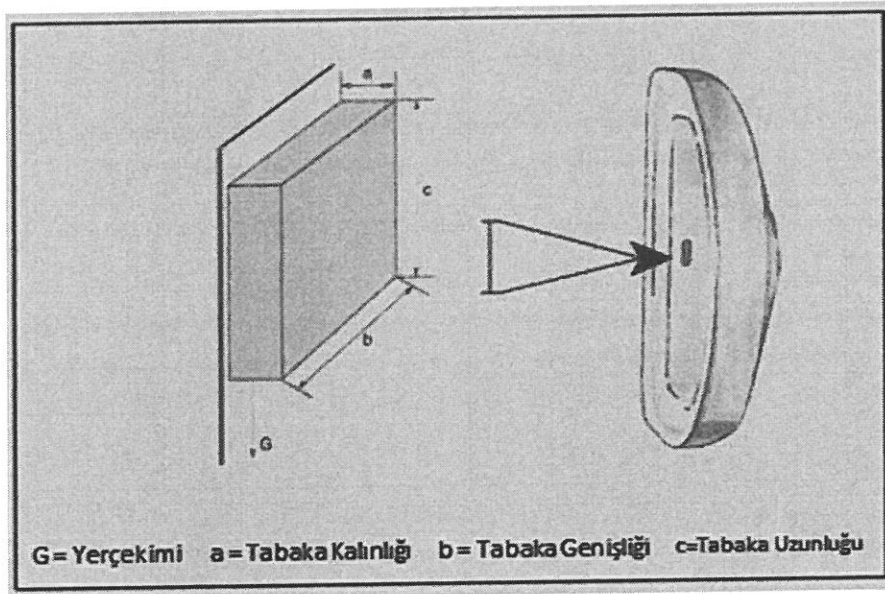
Şekil 2.11 Akma noktasının şematik gösterilişi (Zschimmer and Schwarz 2007).

Eğri 1; akma noktası olmayan bir maddeyi belirtir. Düşük olan dış kuvvetlerde bile bu maddeler akmaya başlar. Eğri 2; akma noktasına sahip bir maddeyi gösterilmektedir. Bu malzeme ilk olarak ne zaman akışa geçeceği dış güçlerin yapısal kuvvetleri (örneğin, yerçekimi sebebiyle dikey yüzeylerde var olan sıvı) akma kuvvetini aşacak büyüklükte olmasına bağlıdır. Bu durum Şekilde bir kez daha açıklığa kavuşturulmuştur (Zschimmer and Schwarz 2007).



Şekil 2.12 Akma noktası etkisinin örneği (Zschimmer and Schwarz 2007).

İki farklı maddenin, iri kum taneleri şeklinde dağılmış halleri şematik temsil edilmektedir. Şeklin A parçasında, kum taneleri süspansiyon içinde kalmıştır bu durum bir akma noktasının varlığına işaret eder. Katı partiküller çökmemiştir. Şeklin B parçasında kum taneleri lavabonun alt kısmında toplanmış olup, yüksek viskozite var olmasına rağmen bir akma noktası yoktur. Katı partiküller çökme göstermiştir. Şekil 2.13 akma noktası ve sırn tabaka kalınlığı arasındaki ilişkiyi açıkça göstermektedir. Buna ek olarak, dikey bir yüzey üzerinde bir sır tabakasının modelini göstermektedir (Zschimmer and Schwarz 2007).



Şekil 2.13 Dikey yüzey üzerinde bir sır tabakasının hacim elemanı (Zschimmer 2007).

### 3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

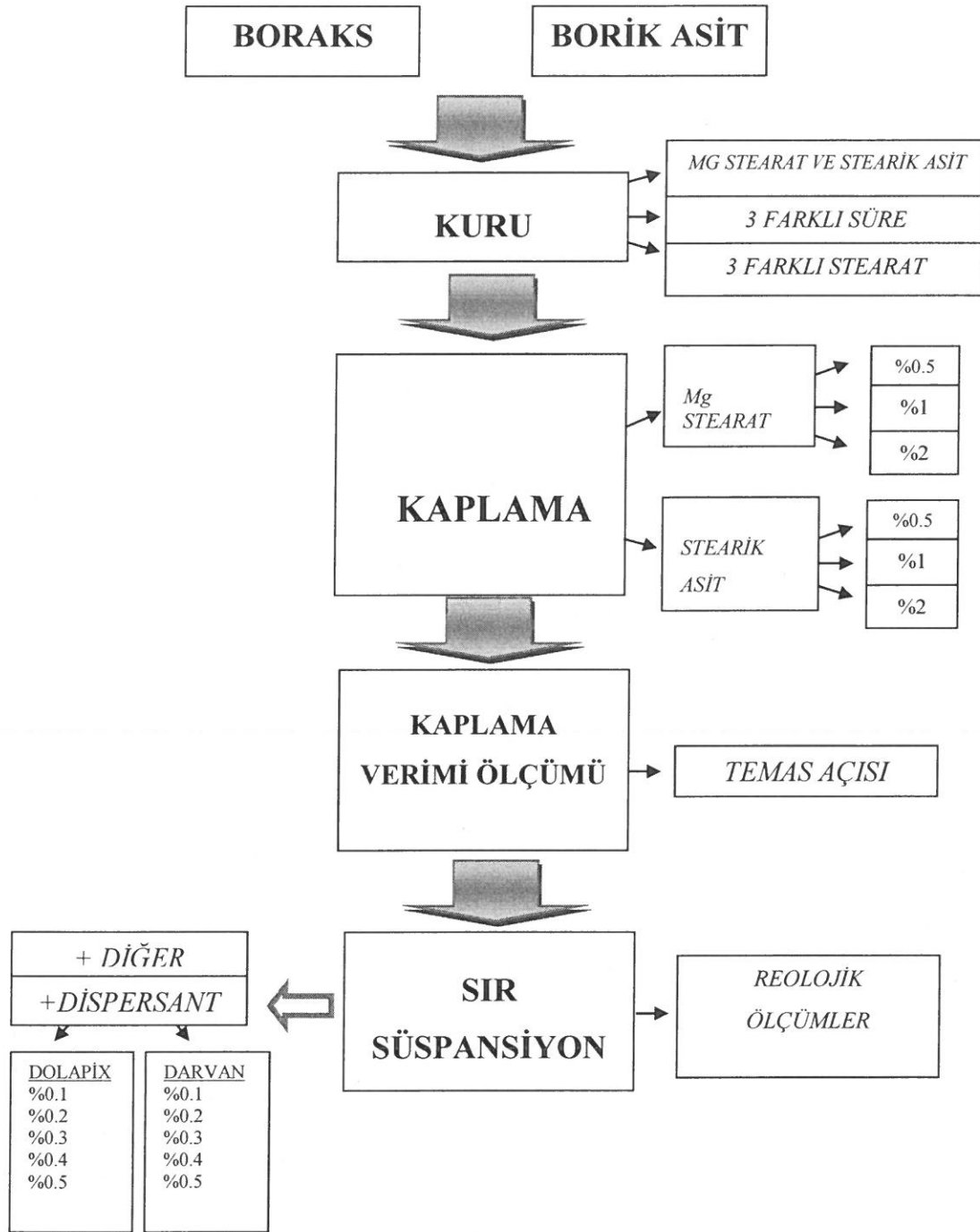
Geleneksel sırlı seramik ürünler içerisinde nispeten düşük sıcaklıklarda pişirilen karo ve fayans gibi (~1000-1200 °C) seramik ürünlerin üretiminde düşük sıcaklıklarda eriyen ve olgunlaşan sır süspansiyonu hazırlanmasında bileşimde bor bileşikleri direkt olarak kullanılmamaktadır. Bu kapsamda çalışmanın temel amacı yüzeyleri uygun hidrofobik maddelerle kaplanarak modifiye edilmiş bor bileşiklerinin direkt olarak sır süspansiyonuna katılabilmesi hedeflenmektedir.

Deneysel çalışmalar bor bileşiklerinin kuru kaplama yöntemiyle modifiye edilmesini kapsamaktadır. Bu doğrultuda Borik asit ve Boraksın jet değirmen içerisinde Mg stearat ve stearik asit ile 3 farklı konsantrasyon (% 0.5, 1 ve 2) ve 3 farklı sürede (30, 60 ve 120dk) kuru halde öğütmeye tabi tutularak yüzeylerinin kaplanarak hidrofob olması amaçlanmıştır.

Kaplama verimi reolojik ölçümler ve temas açısı değerleri ölçülmüş olup kaplanmış bor bileşikleri sır süspansiyonunu katılarak yapılan reolojik çalışmalarda uygun dispersant ve kaplama oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulanan akım şeması Şekil 3.1'de belirtilmiştir.

#### 3.1 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Hammaddeler

Kuvars ve albit Güral Porselen fabrikasından, kaolen ve çinko oksit Uşak Seramik Fabrikasından, wollastonit Kütahya Porselen Fabrikasından, Boraks ve Borik asidi Bandırma Bor ve Asit Fabrikası İşletme Müdürlüğünden temin edilmiştir. Kullanılan Mg stearat (% 99 saflıkta) Tepe Kimya A.Ş' den, Stearik asit (%90 saflıkta) Özgen Kimya A.Ş' den temin edilmiştir. Kullanılan hammaddelerin kimyasal analizleri Çizelge 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Akım şeması.

**Çizelge 3.** Hammaddelerin kimyasal analizleri.

Hammadde	Albit	Kaolen	Kuvars	Wollastonit	Çinkooksit	SB	SBA
SiO <sub>2</sub>	69.76	47.40	99.22	52.19	0.2	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.52	36.60	0.08	0.36	0.04	-	-
Na <sub>2</sub> O	10.30	0.20	0.04	0.24	3.05	30.27	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.09	0.45	0.07	0.21	0.02	-	-
TiO <sub>2</sub>	0.22	0.50	-	0.01	0.01	-	-
CaO	0.63	0.30	0.12	45.65	0.08	-	-
MgO	0.12	0.20	-	0.36	-	-	-
K <sub>2</sub> O	0.41	0.80	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	95.79	-	-
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	68	98

SB: Susuz Boraks; SBA: Susuz Borik Asit

### 3.2 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Cihazlar

#### 3.2.1 Reometre Cihazı

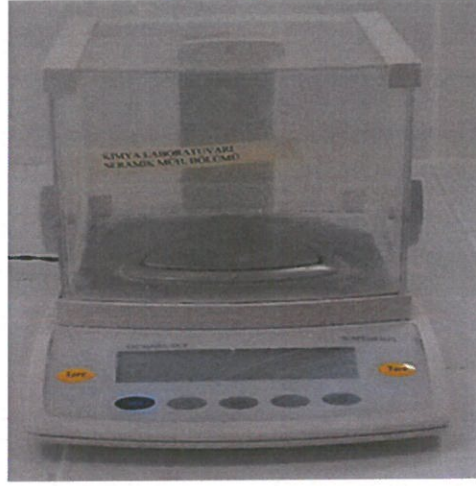
Sır süspansiyonlarının uygun viskozite ve uygun dispersant değerlerinin belirlenmesi amacıyla AKÜ Polimer-Kompozit laboratuvarında bulunan Anton Paar marka MCR102 model reometre cihazı PP50 kodlu uç ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.



**Resim 3.1** Reometre cihazı.

### 3.2.2 Hassas terazi

Seramik süspansiyon eldesinde oluşturulan reçetelere göre karışımların hazırlanması aşamasında hammadde tartımları için AKÜ Polimer-Kompozit Laboratuvarında bulunan Sartorius marka 0,001 gram hassasiyetli ve maksimum 220 gr'a kadar tartım yapılabilen terazi kullanılmıştır.



**Resim 3.2** Hassas terazi.

### 3.2.3 Etüv

Numunelerin kurutulması, AKÜ Seramik Laboratuvarında bulunan maksimum 240 °C' de kurutma yapabilen Venticell marka etüvde yapılmıştır.



**Resim 3.3** Venticell marka etüv.

### 3.2.4 Pres

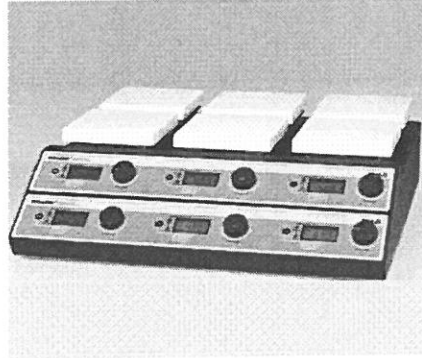
Temas açıları ölçülecek numunelerin preslenmesi, AKÜ Seramik Laboratuvarında bulunan Ada marka preste yapılmıştır.



**Resim 3.4** Ada marka pres.

### 3.2.5 Manyetik karıştırıcı

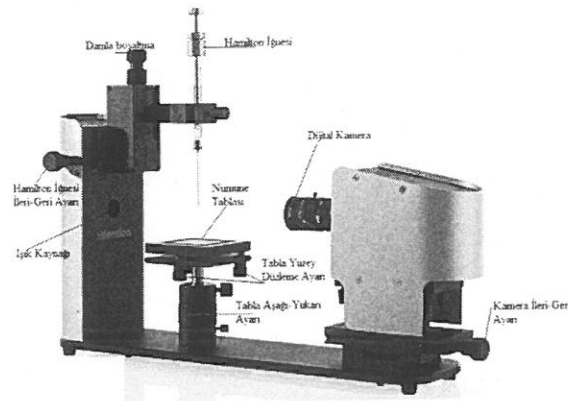
Kaplama sonucunda yapılan reolojik ölçümlerde homojen bir seramik süspansiyonunun eldesi için AKÜ Polimer-Kompozit Laboratuvarında bulunan Daihan Ssmh marka 6'lı dijital manyetik karıştırıcı kullanılmıştır.



Resim 3.5 Manyetik karıştırıcı.

### 3.2.6 Temas açısı cihazı

Kaplanan bor bileşiklerinin kaplama verimlerinin ölçülebilmesi amacıyla Kimya laboratuvarında bulunan KSV Attension ThetaLite marka TL 101 model optik temas açısı cihazı kullanılmıştır.



Resim 3.6 Temas açısı cihazı.



### 3.3 Reçete Oluşturma

Bileşimleri Çizelge 3.1’ de gösterilen hammaddeler ile 3 farklı seramik süspansiyon reçetesi hazırlanmış olup deneysel çalışmalarda kullanılan reçetelerin rasyonel analizi Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

**Çizelge 3.2** Seramik süspansiyonunun hazırlanmasında kullanılan tüm reçeteler.

Reçete	Albit	Kaolen	Kuvars	Wollastonit	Çinko oksit	Boraks	Borik asit
R-1	20	20	20	18	2	20	0
R-2	20	20	20	18	2	10	10
R-3	20	20	20	18	2	0	20

### 3.4 Bor Bileşiklerinin Kaplanması

Literatür kısmında bahsedilmiş olan bor mineral ve bileşiklerinin sulu karışımlarının neden olduğu bazı olumsuz durumların ortadan kaldırılması için susuz Boraks ve susuz Borik asit mineralleri Mg stearat ve stearik asit ile % 0.5, 1 ve 2 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda 30, 60 ve 120 dk olmak üzere 3 farklı sürelerde jet değirmende mekanik bir etkiye tabi tutularak hidrofilik olan yapılarının hidrofob yapıya dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Kaplanan bor bileşikleri öncelikle kıyaslama açısından kaplanmadan reçetelere ilave edilmiştir. Kaplanmış ve kaplanmamış bor bileşiklerinden oluşan reçetelerde oluşan değişimler ve hangi kaplama malzemesinin daha etkili olduğunun üzerinde durulmuştur. Ayrıca uygun viskozite değerlerinin tespiti için reolojik çalışmalara önem verilmiş olup hem de uygun dispersant çeşidi ve miktarının da belirlenmesi sağlanmıştır.

### 3.5 Seramik Süspansiyonlarının Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi

Seramik süspansiyonun seramik altlığın tüm yüzeyini tamamen kaplaması için yeterli akışkanlıkta olması gerekmektedir. Söz konusu akışkanlığı sağlarken süspansiyondaki katı madde miktarının yüksek olması arzu edilir. Dolayısıyla yüksek katı yoğunluğunda ve akışkan bir seramik süspansiyonu hazırlanabilmesi için dispersant katkılarına ihtiyaç

duyulmaktadır. Bu amaç doğrultusunda Darvan 821A (% 40 katı amonyum poliakrilat içerikli, molekül ağırlığı: 3500 gr/mol), Dolopix CE 64 (Karbonik asit temelli sentetik polielektrolit, etkin madde içeriği: % 70) % 0.2 – % 1 aralığında 5 farklı katkı oranında ayrı ayrı ilave edilerek Anton Paar marka reometre cihazında viskozite ölçümleri yapılmıştır. Değişen dispersant türü ve reçeteye dahil edilen kaplanmış ve kaplanmamış Borik asit ve Boraksa bağlı olarak viskozite değerleri grafiğe dökülerek sonuçlar irdelenmiştir.

Değerlendirmeler sonucunda arzu edilen reolojik özellikte solüsyonların hazırlanabilmesi için en iyi dağıtıcı türü ve miktarı belirlenmiştir. Anton Paar markalı, MCR102 model, PP50 kodlu uç sistemi ile oda koşullarında (25 °C) 1-1000 1/s kayma hızı aralığında, Borakslı seramik süspansiyonlarında % 40 su % 60 katı, Borik asitli seramik süspansiyonlarında % 50 su % 50 katı olmak üzere manyetik karıştırıcı ile öncelikle seramik süspansiyonu 800 rpm'de 5 dakika, katılan borat sonrası 1200 rpm'de 5 dakika, katılan dispersant sonrası 1200 rpm'de 5 dakika karıştırma sonucunda ölçümler yapılmıştır. Kaplanmış numuneler seramik reçetelerine dahil edilip sulu ortamda reolojik ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sırasında Darvan ve Dolapix CE 64 olmak üzere 2 farklı dispersant kullanılmış olup Boraks için 5 farklı, Borik asit için 3 farklı konsantrasyonda ölçüm yapılmıştır.

Mg stearatlı numunelerde tüm konsantrasyon ve sürelerde reolojik ölçümleri yapıldıktan sonra temas açısı değerleri göz önüne alınarak % 1 stearik asit konsantrasyonunda 2 saat süre ile kaplanmış numunenin 2 farklı dispersant (Dolapix ve Darvan) ve 3 farklı (% 0.1, % 0.3, % 0.5) konsantrasyonda reolojik ölçümler yapılmıştır.

## 4. SONUÇLAR

### 4.1 Karakterizasyon Sonuçları

#### 4.1.1 Temas Açısı Bulguları

**Çizelge 4.1** Kaplanmış Boraks ve kaplanmış Borik asit'e ait temas açısı değerleri (a) Boraks (b) Borik asit

(a)				(b)			
Kaplama Malzemesi	Kaplama Süresi (dk)	Stearat Miktarı (%)	Temas Açısı Değeri (°)	Kaplama Malzemesi	Kaplama Süresi (dk)	Stearat Miktarı (%)	Temas Açısı Değeri (°)
Mg Stearat	30 dk	0	17	Mg Stearat	30 dk	0	20
		0,5	113			0,5	98
		1	111			1	105
		2	105			2	115
	60 dk	0	25	60 dk	0	22	
		0,5	112		0,5	93	
		1	113		1	120	
		2	107		2	104	
	120 dk	0	27	120 dk	0	26	
		0,5	111		0,5	92	
		1	115		1	107	
		2	113		2	103	
Stearik asit	30 dk	0	17	Stearik asit	30 dk	0	20
		0,5	30			0,5	47
		1	52			1	68
		2	56			2	71
	60 dk	0	25	60 dk	0	22	
		0,5	33		0,5	60	
		1	61		1	75	
		2	63		2	60	
	120 dk	0	27	120 dk	0	26	
		0,5	37		0,5	46	
		1	74		1	64	
		2	50		2	62	

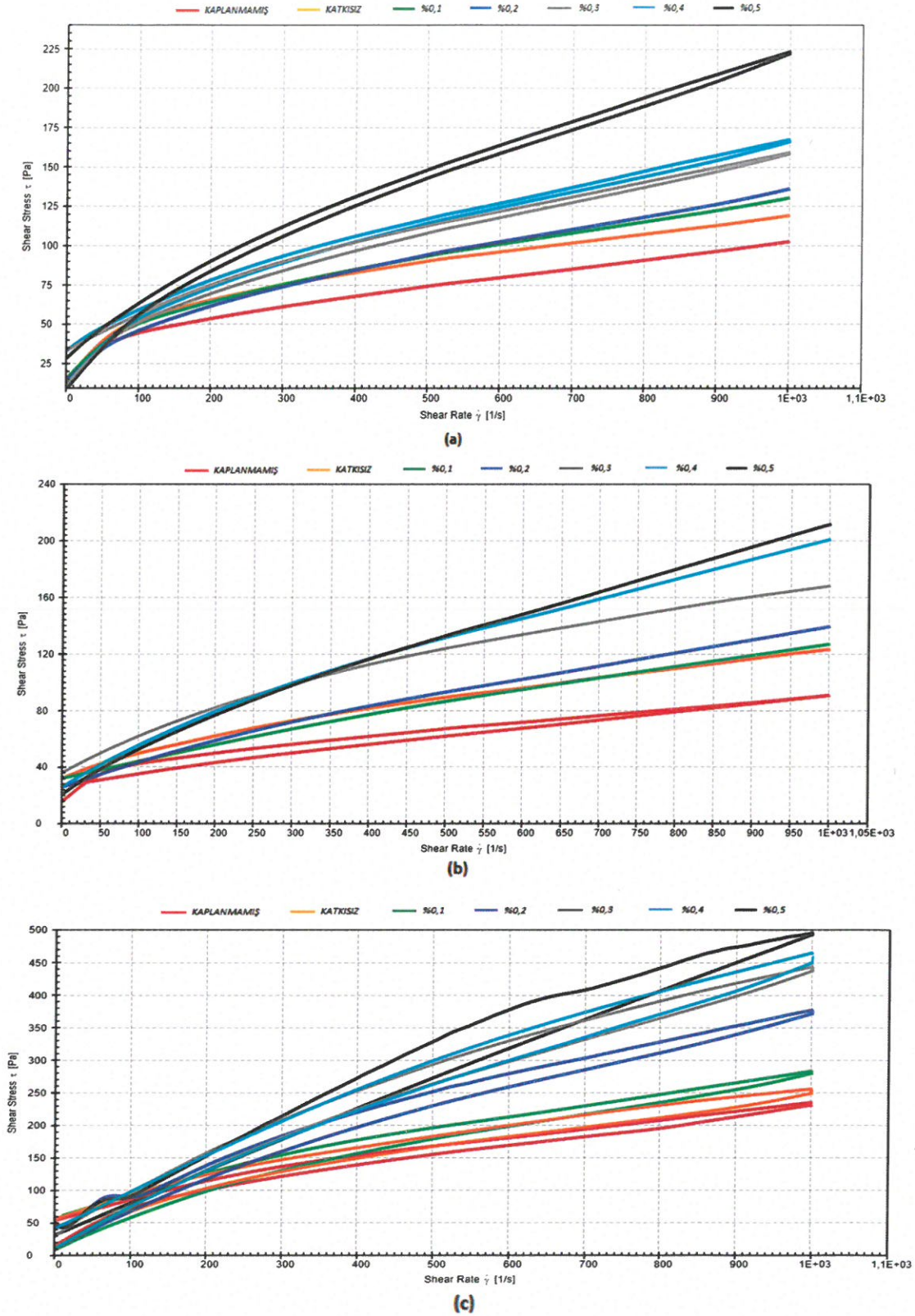
#### 4.1.2 Elek Bakiyesi Testi Bulguları

Baz seramik süspansiyon reçetesi oluşturma çalışmalarında hazırlanan kompozisyonlarının öğütme işlemi sonrası + 45 µm elek bakiyeleri % 3-4 dolaylarında tespit edilmiştir.

#### 4.1.3 Litre Ağırlığı Testi Bulguları

Dispersant katkılı seramik süspansiyon reçetelerinin litre ağırlıkları ~ 1650 g/lt dolaylarında tespit edilmiştir.

#### 4.1.4 Seramik Süspansiyonlarının Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi Sonuçları



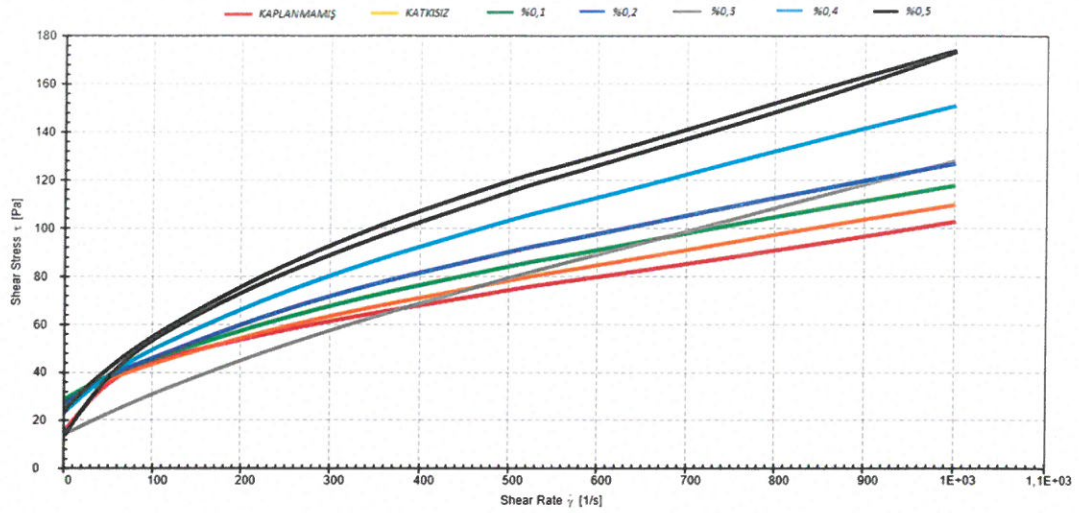
Şekil 4.1 Farklı öğütme sürelerinde % 0,5 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Şekil 4.1' de gösterilen farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde 5 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.2, % 0.3, % 0.4, % 0.5) Dolapix CE64 katkısı incelenmiştir.

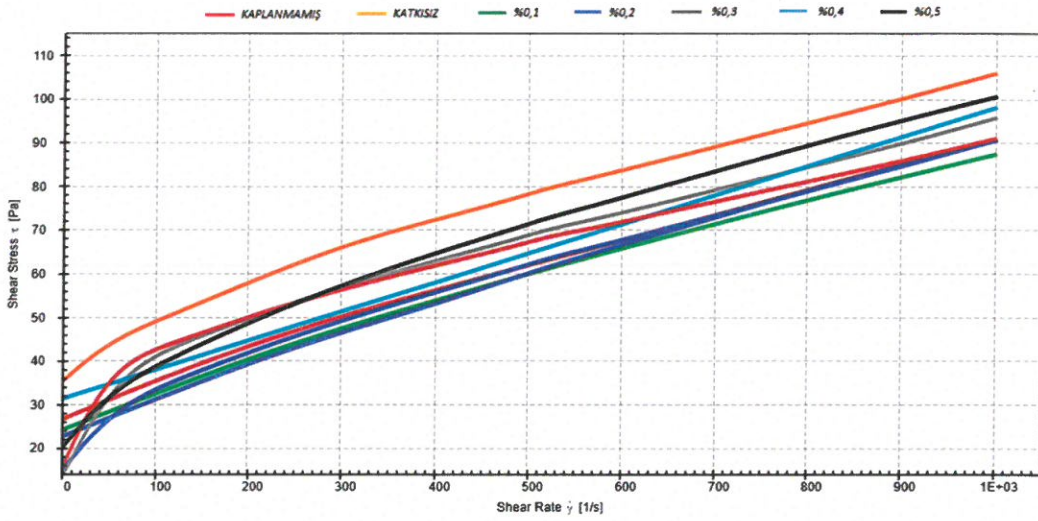
Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borakslı reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borakslı (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, mavi eğriler % 0.2 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, açık mavi eğriler % 0.4 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi temsil etmektedir.

Dolapix CE64 katkısı arttıkça viskozite artmış olup akışkanlık olumsuz yönde etkilenmiştir. Ayrıca artan Dolapix CE64 katkısı ile 30 dk ve 120 dk öğütme sürelerinde kaplanmış Borakslı sulu sistemin tiksotropluğu da artmıştır. Sonuçta Dolapix CE64 katkısı % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Borakslı numunelerde akışkanlık üzerine olumlu etki yapmamış olup sadece 60 dk öğütülmüş numunede tiksotroplukta iyileşme görülmüştür. Sulu sistemde viskozitenin iyileştirilmesi için Dolapix CE64 dispersantının uygun olmadığı görülmüştür.

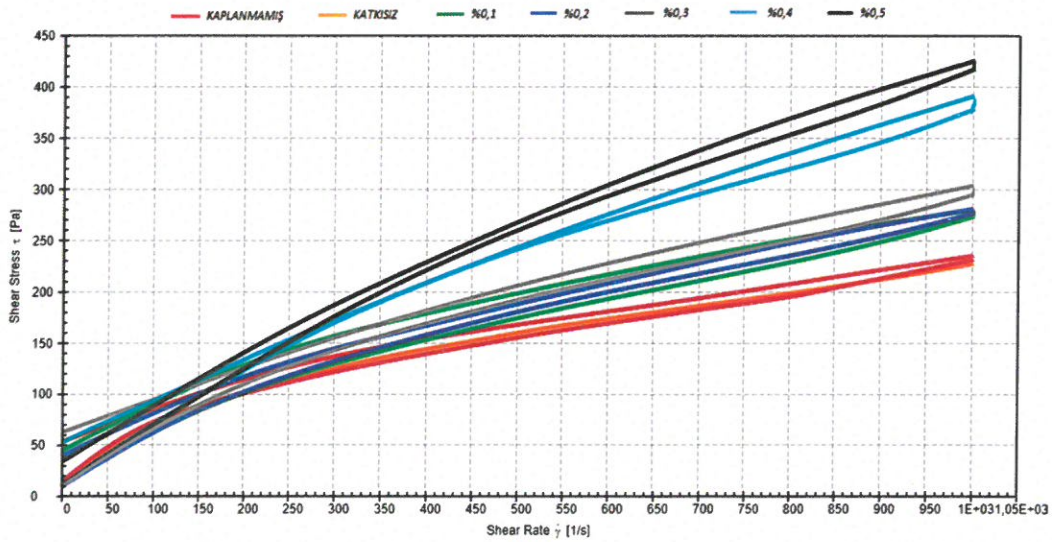
Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



(a)



(b)



(c)

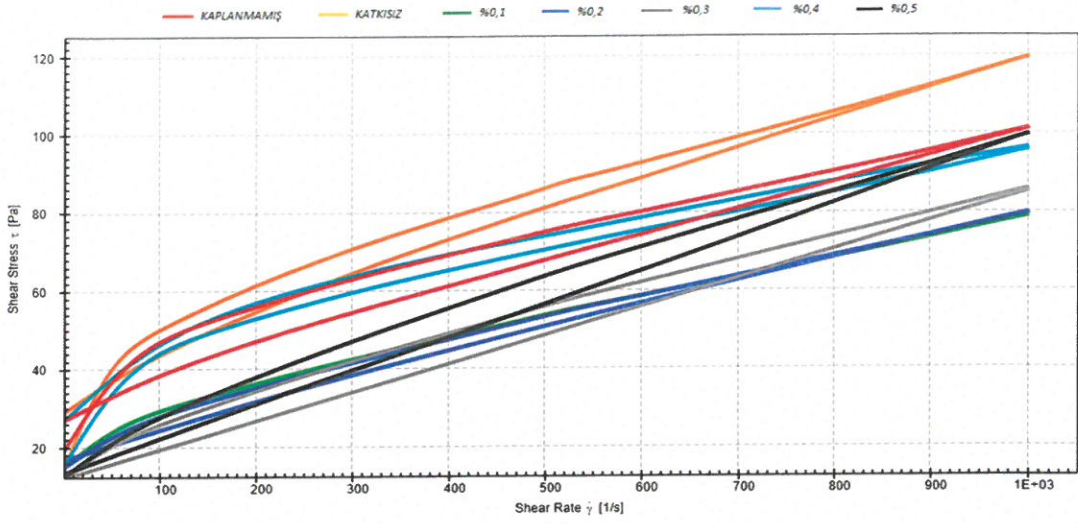
Şekil 4.2 Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Şekil 4.2' de gösterilen farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde 5 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.2, % 0.3, % 0.4, % 0.5) Dolapix CE64 katkısı incelenmiştir.

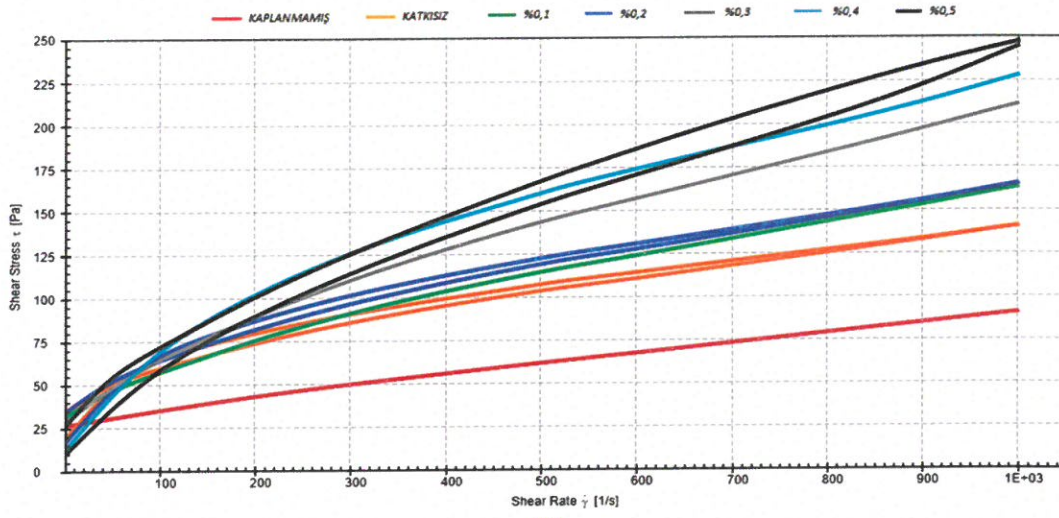
Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borakslı reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borakslı (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, mavi eğriler % 0.2 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, açık mavi eğriler % 0.4 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi temsil etmektedir.

Dolapix CE64 katkısı arttıkça 30 dk ve 120 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemlerin viskozite değerleri artmış olup akışkanlık olumsuz yönde etkilenmiştir. 60 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemde % 0.1 ve % 0.2 Dolapix CE64 katkısının viskoziteyi düşürüp akışkanlığı arttırdığı görülmüştür. Ayrıca her 3 öğütme süresinde de tiksotroplukta önemli bir değişiklik görülmemiştir. Sonuçta genel olarak Dolapix CE64 katkısı % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Borakslı numunelerde akışkanlık üzerine olumlu etki yapmamış olup sadece 60 dk öğütülmüş numunede % 0.1 Dolapix CE64 katkısının akışkanlığı azda olsa iyileştirdiği gözlenmiştir. Sadece 60 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemde artan Dolapix CE64 katkısı ile viskozitenin azaldığı akışkanlığın arttığı görülmüş olup olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

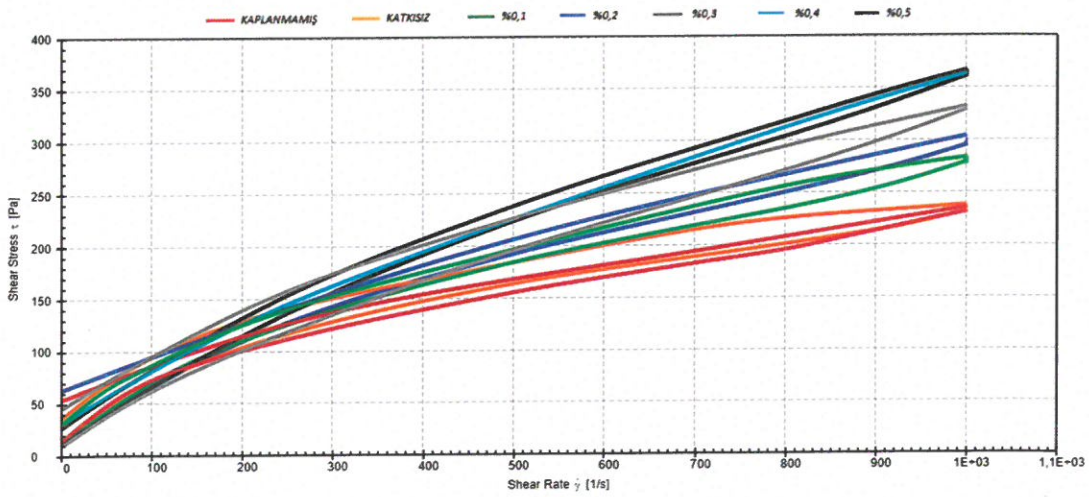
Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.3 Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde DolapixCE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

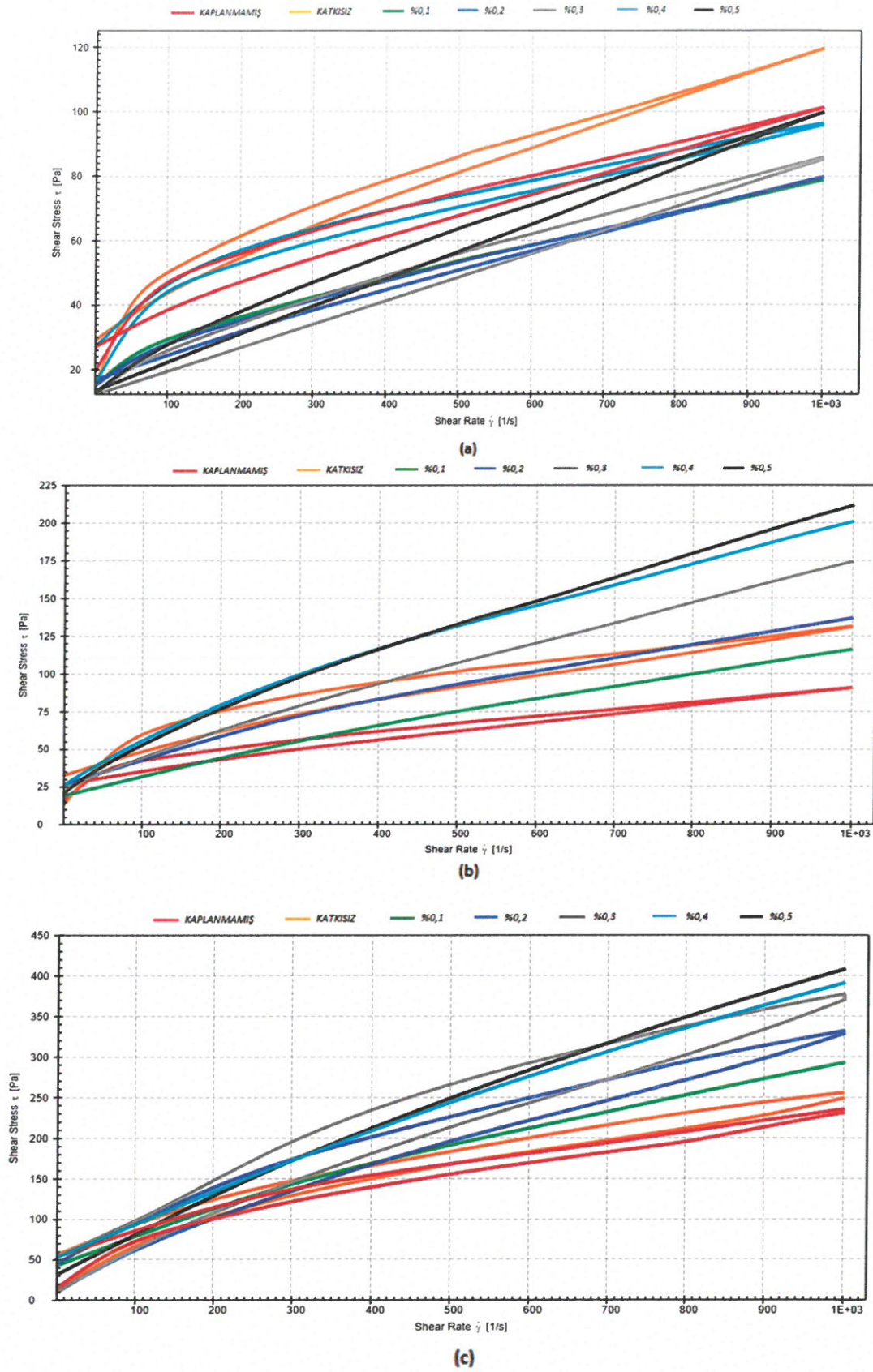


Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde 5 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.2, % 0.3, % 0.4, % 0.5) Dolapix CE64 katkısı incelenmiştir.

Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borakslı reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borakslı (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, mavi eğriler % 0.2 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış borakslı reçeteyi, açık mavi eğriler % 0.4 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış borakslı reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi temsil etmektedir.

Dolapix CE64 katkısı arttıkça 60 dk ve 120 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemlerin viskozite değerleri artmış olup akışkanlık olumsuz yönde etkilenmiştir. 30 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının viskoziteyi düşürüp akışkanlığı arttırdığı görülmüştür. En iyi Dolapix CE64 katkısının hem viskoziteyi düşürmesi hem de tiksotropluğu azalması nedeniyle % 0.1 konsantrasyonunun olduğu görülmüştür.

Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



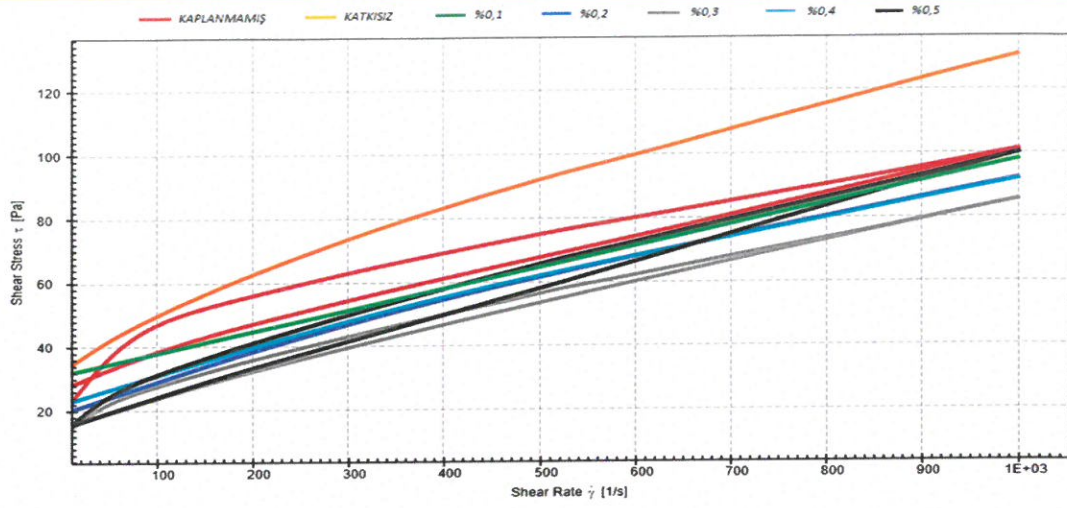
Şekil 4.4 Farklı öğütme sürelerinde % 0,5 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Farklı öğütme sürelerinde % 0,5 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde 5 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.2, % 0.3, % 0.4, % 0.5) Darvan katkısı incelenmiştir.

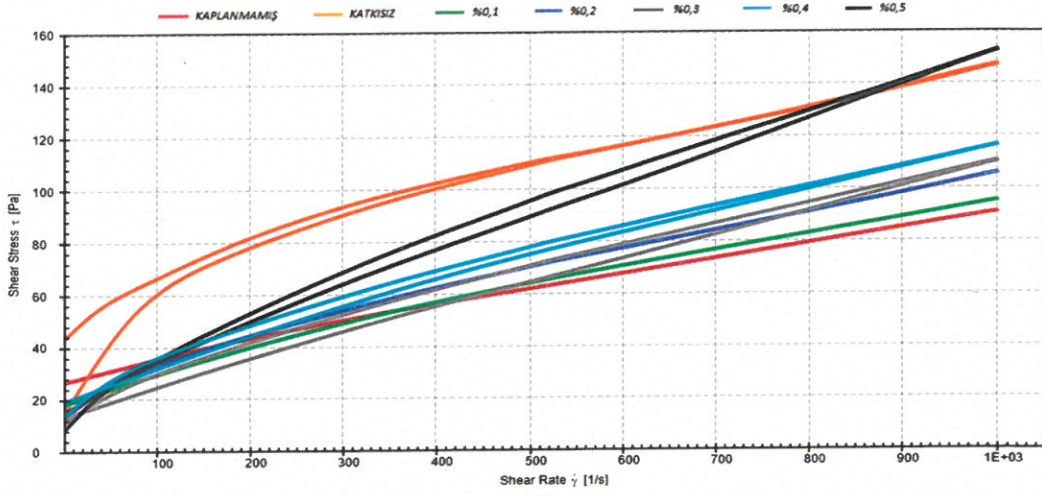
Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borakslı reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borakslı (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, mavi eğriler % 0.2 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, açık mavi eğriler % 0.4 Darvan katılmış kaplanmış borakslı reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi temsil etmektedir.

Darvan katkısı arttıkça 60 dk ve 120 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemlerin viskozite değerleri artmış olup akışkanlık olumsuz yönde etkilenmiştir. 30 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemde Dolapix CE64 katkısı viskozitede ve tiksotroplukta azalma göstermiştir. En iyi Dolapix CE64 katkısının hem viskoziteyi düşürmesi hem de tiksotropluğu azalması nedeniyle % 0.1 konsantrasyonunun olduğu görülmüştür.

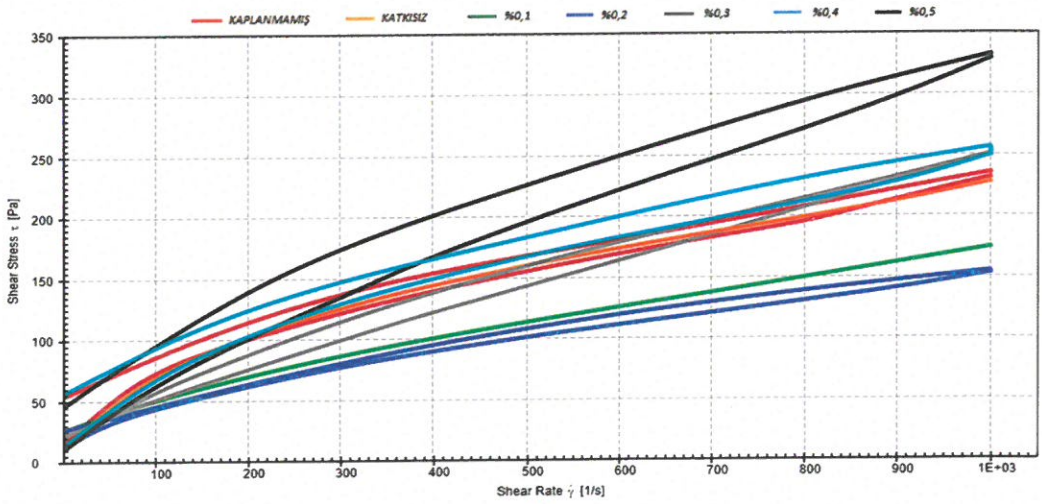
Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



(a)



(b)



(c)

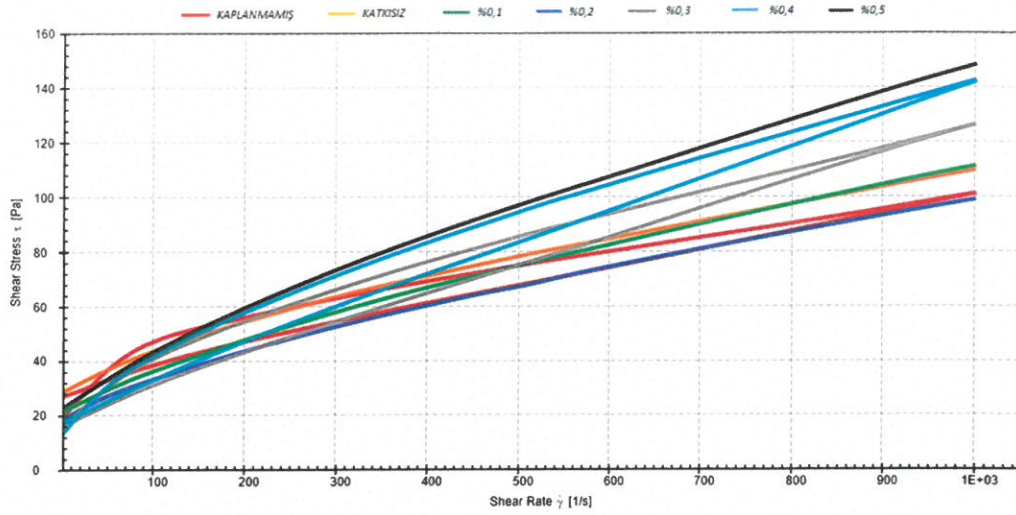
Şekil 4.5 Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde 5 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.2, % 0.3, % 0.4, % 0.5) Darvan katkısı incelenmiştir.

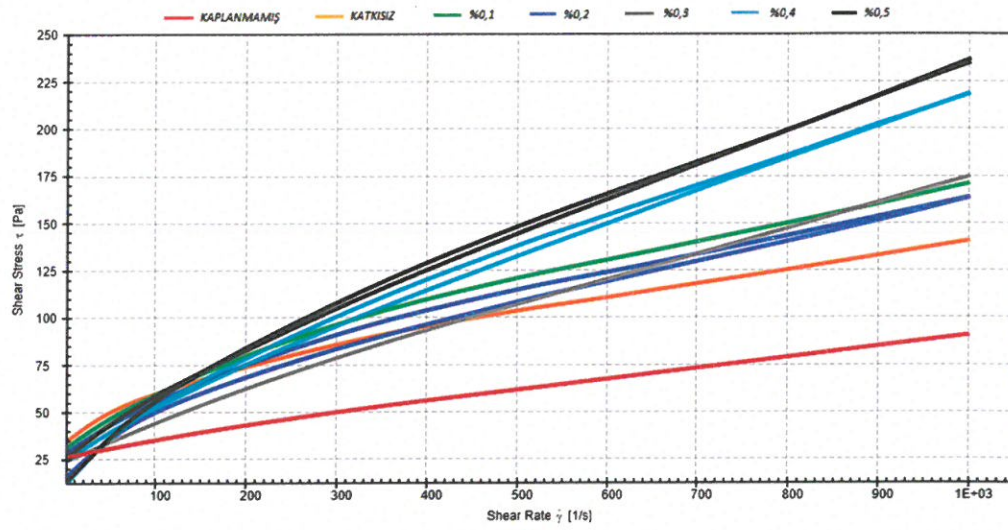
Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borakslı reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borakslı (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, mavi eğriler % 0.2 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, açık mavi eğriler % 0.4 Darvan katılmış kaplanmış borakslı reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi temsil etmektedir.

Darvan katkısı arttıkça Borakslı sulu sistemlerin viskozite değerleri azalmış olup akışkanlık olumlu yönde etkilenmiştir. Ayrıca kaplanmamış numunelere kıyasla 30 dk ve 120 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemlerde viskozite değerinde düşüş görülmüştür. 30 dk öğütülmüş Borakslı numunede % 0.3 Darvan katkısı hem viskozitede hem de tiksotroplukta azalma gösteren en iyi numune olmuştur. 120 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemde % 0.1 Darvan katkısı hem viskoziteyi hem de tiksotropluğu azaltarak olumlu yönde etkilemiştir.

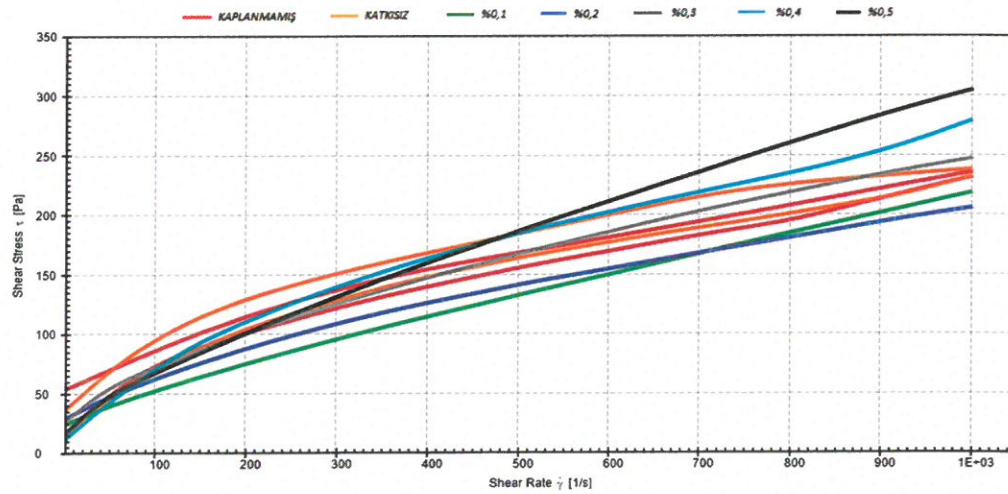
Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



(a)



(b)



(c)

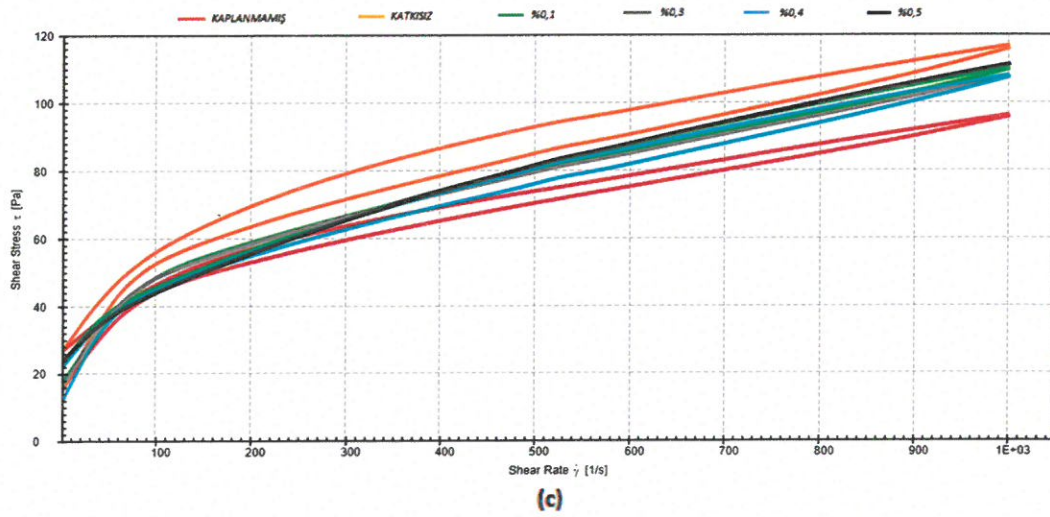
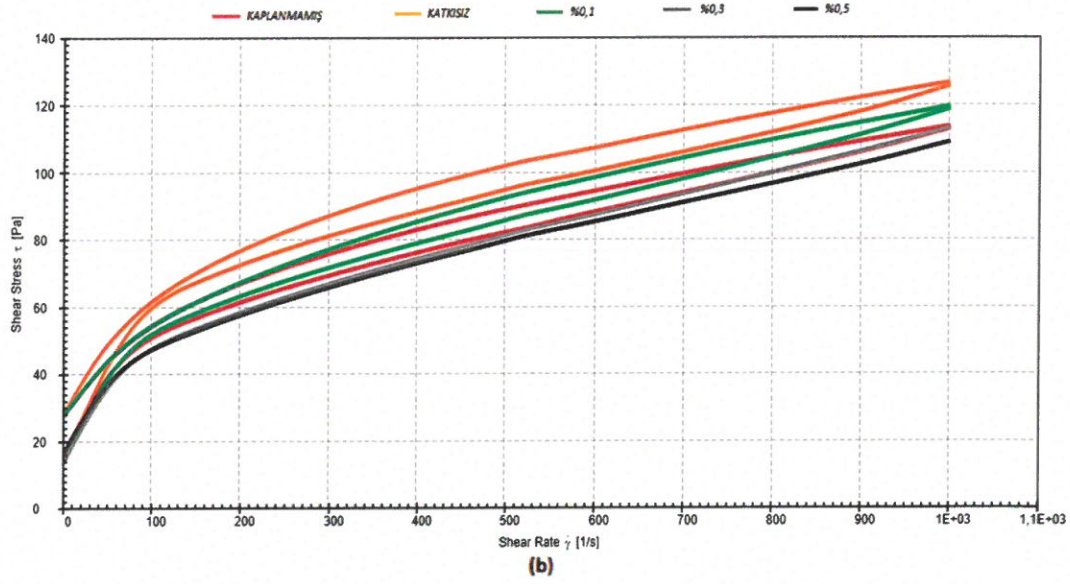
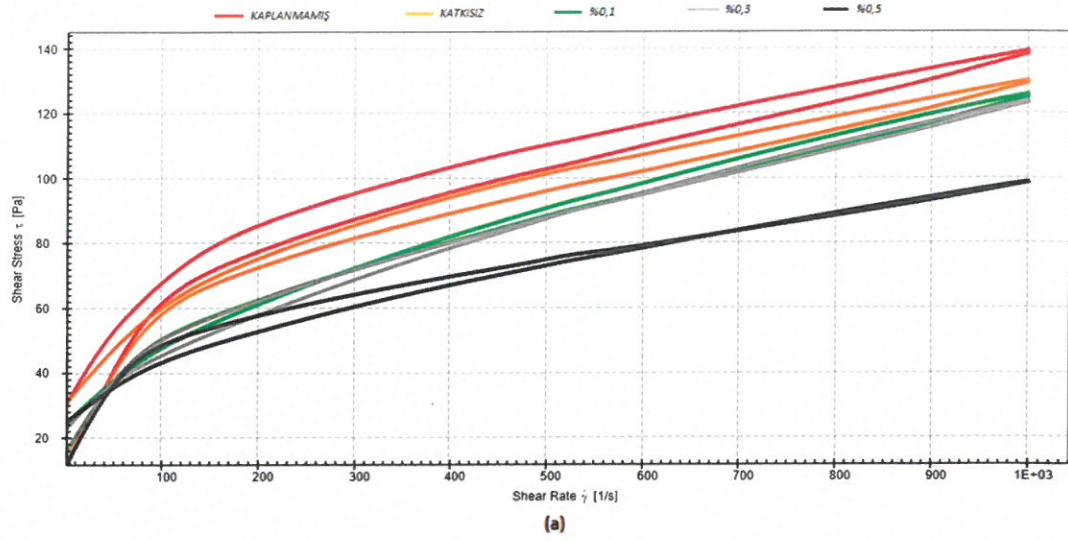
Şekil 4.6 Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Boraks numunelerinin sulu sistemde 5 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.2, %0,3, %0,4, %0,5) Darvan katkısı incelenmiştir.

Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borakslı reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borakslı (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, mavi eğriler % 0.2 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, açık mavi eğriler % 0.4 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Darvan katılmış kaplanmış Borakslı reçeteyi temsil etmektedir.

120 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemlerin % 0.3 Darvan değerine kadar viskozite değerleri azalmış olup akışkanlık olumlu yönde etkilenmiştir. Ayrıca kaplanmamış numunelere kıyasla 30 dk ve 120 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemlerde viskozite değerinde düşüş görülmüştür. 30 dk ve 120 dk öğütülmüş Borakslı numunede % 0.2 Darvan katkısı hem viskozitede hem de tiksotroplukta azalma gösteren en iyi konsantrasyon olmuştur. 60 dk öğütülmüş Borakslı sulu sistemde Darvan katkısının olumlu bir etkisi gözlenmemiştir.

Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



Şekil 4.7 Farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk

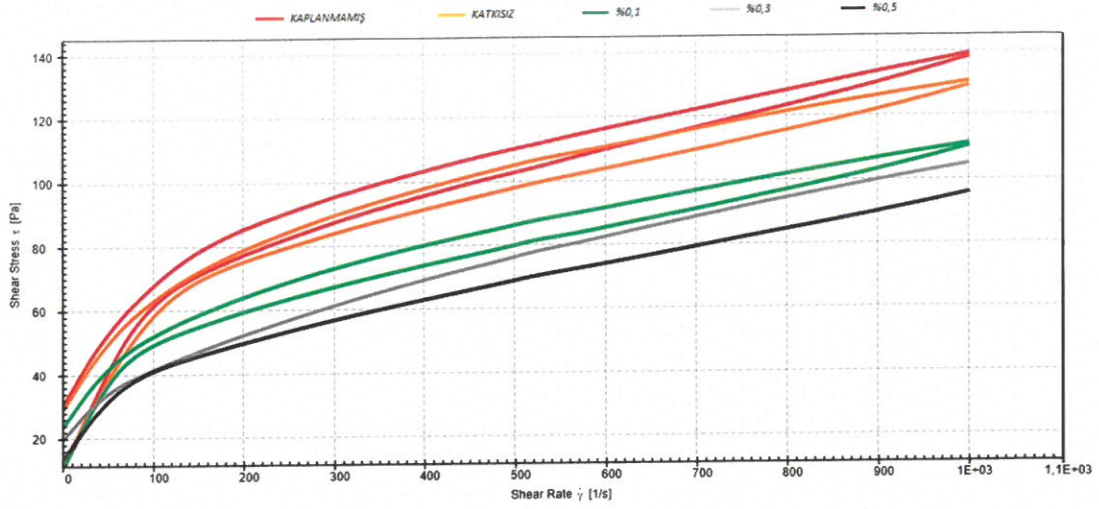


Farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde 3 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.3, % 0.5) Dolapix CE64 katkısı incelenmiştir.

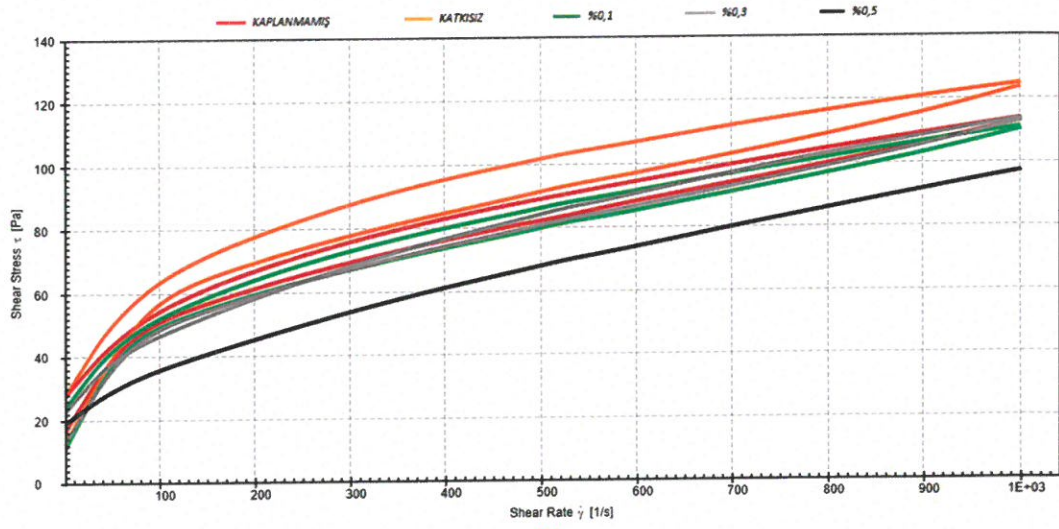
Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borik asitli reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borik asitli (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, mavi eğriler % 0.2 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, açık mavi eğriler % 0.4 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi temsil etmektedir.

Dolapix CE64 katkısı arttıkça Borik asitli sulu sistemlerin viskozite değerleri azalmış olup akışkanlık olumlu yönde etkilenmiştir. 30 dk ve 60 dk öğütülmüş Borik asitli sulu sistemlerde % 0.5 Dolapix CE64 katkısı viskozitede ve tiksotroplukta en fazla azalma gösterdiği için en iyi numunelerdir.

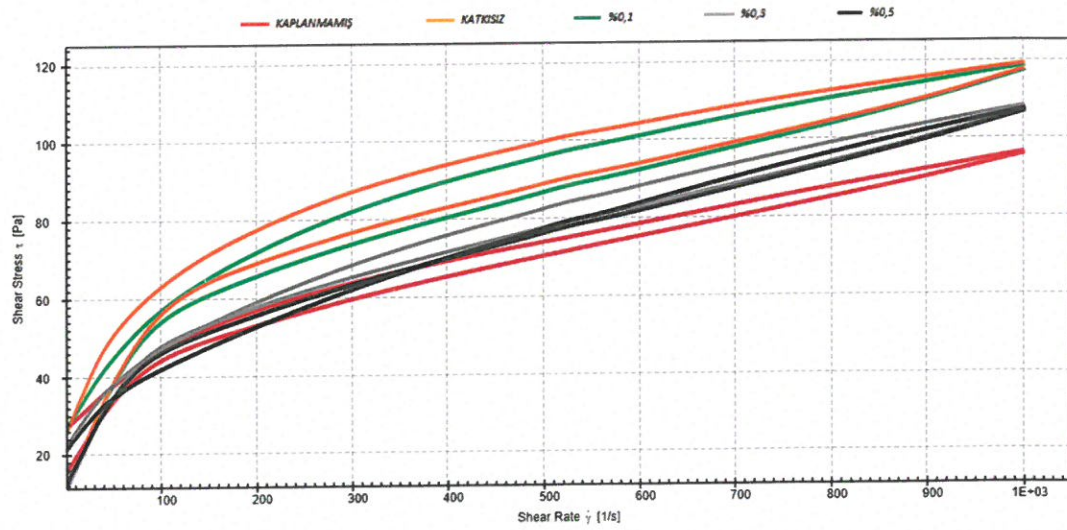
Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



(a)



(b)



(c)

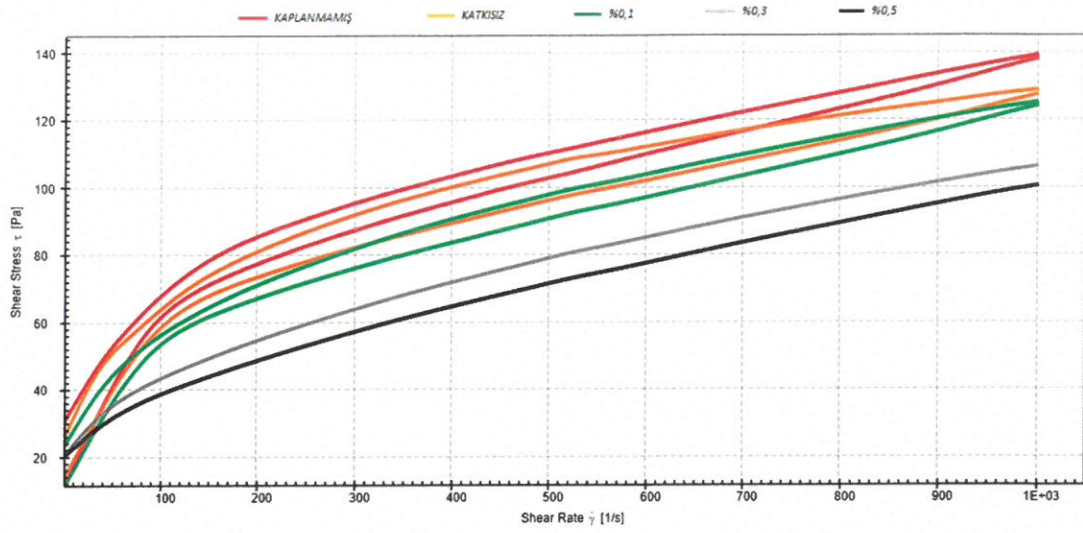
**Şekil 4.8** Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde 3 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.3, % 0.5) Dolapix CE64 katkısı incelenmiştir.

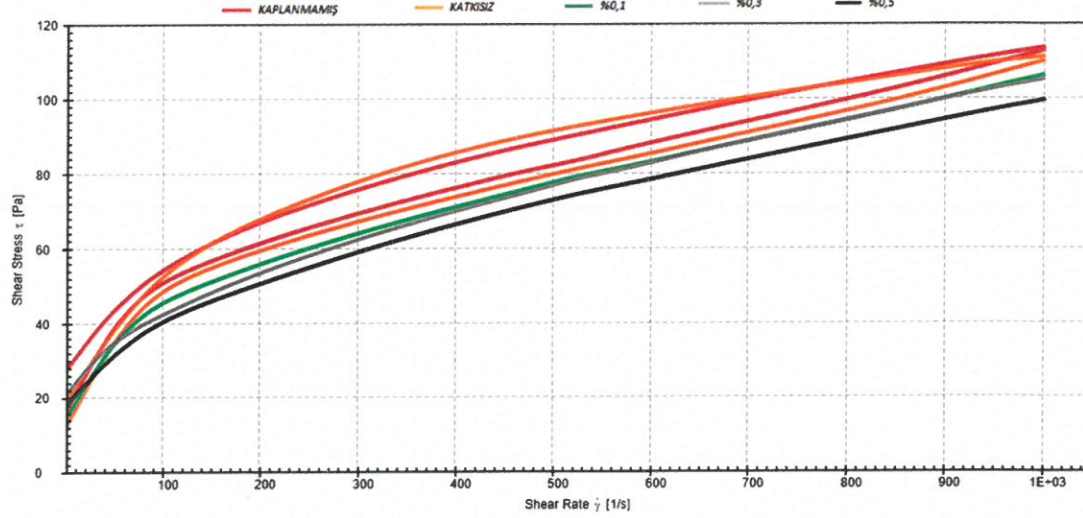
Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borik asitli reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borik asitli (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi temsil etmektedir.

Dolapix CE64 katkısı arttıkça Borik asitli sulu sistemlerin viskozite değerleri azalmış olup akışkanlık olumlu yönde etkilenmiştir. 30 dk ve 60 dk öğütülmüş Borik asit sulu sistemde % 0.5 Dolapix CE64 katkısı en düşük viskozite değerine sahip olup tiksotroplukta iyileşme göstermiştir. 120 dk öğütülmüş Borik asit sulu sisteminde Dolapix CE64 katkısı tiksotroplukta değişim göstermemekle birlikte viskozitede artış gözlenmiştir.

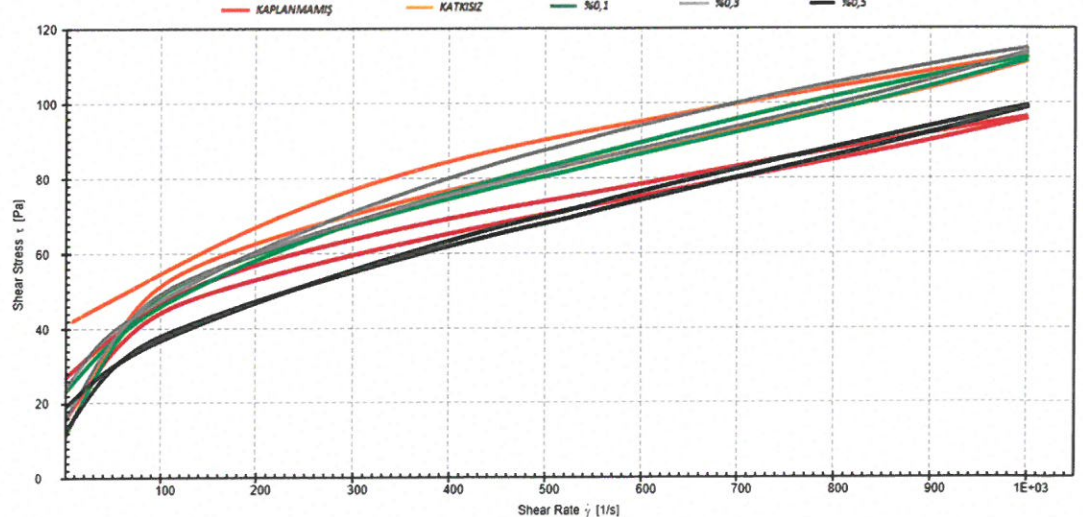
Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



(a)



(b)



(c)

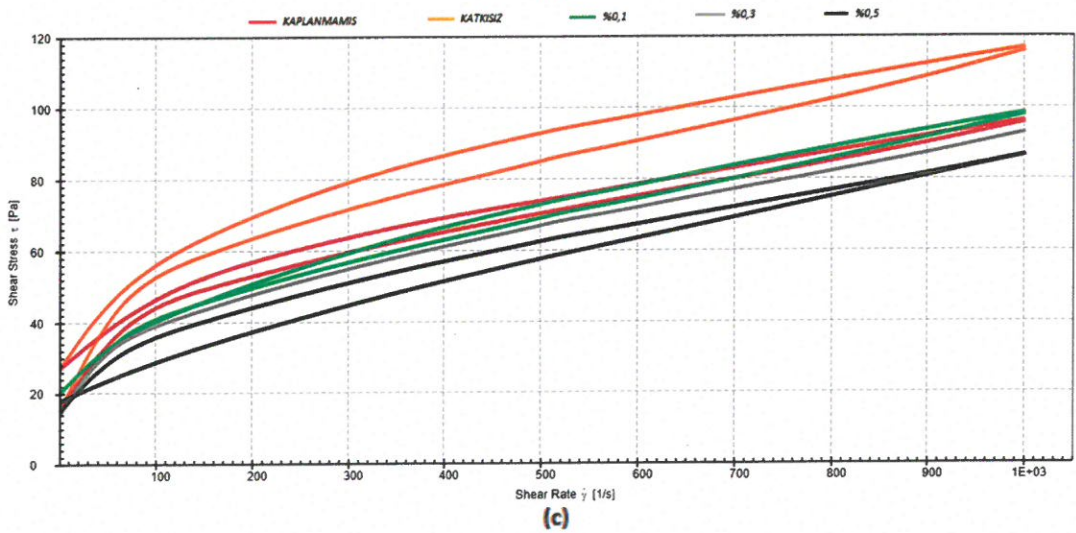
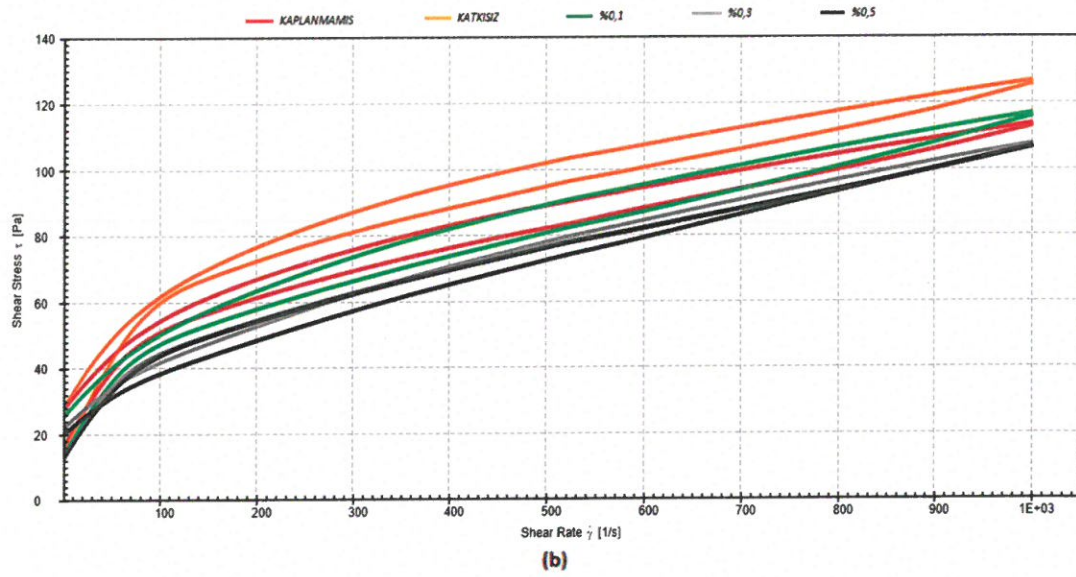
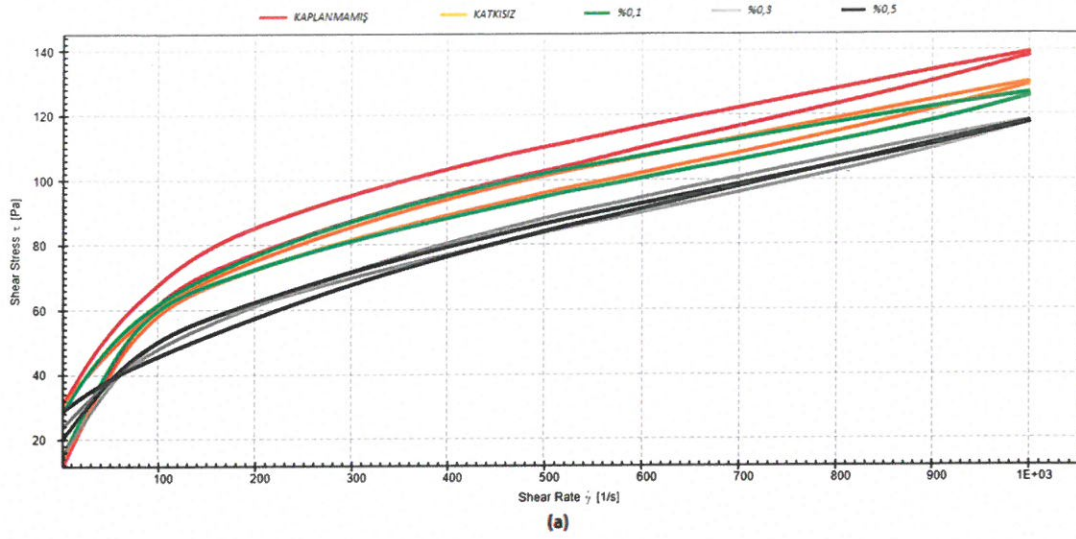
Şekil 4.9 Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Dolapix CE64 katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde 3 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.3, % 0.5) Dolapix CE64 katkısı incelenmiştir.

Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borik asitli reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borik asitli (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Dolapix CE64 katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi temsil etmektedir.

Dolapix CE64 katkısı arttıkça Borik asitli sulu sistemlerin viskozite değerleri azalmış olup akışkanlık olumlu yönde etkilenmiştir. Ayrıca Dolapix CE64 katkısı arttıkça tiksotrop özelliğe azalma ile olumlu değişim gözlenmiştir. 30 dk ve 60 dk öğütülmüş Borik asit sulu sistemlerinde % 0.5 Dolapix CE64 katkısı viskozitedeki en fazla azalma göstermiş olup en iyi katkı oranlarıdır.

Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



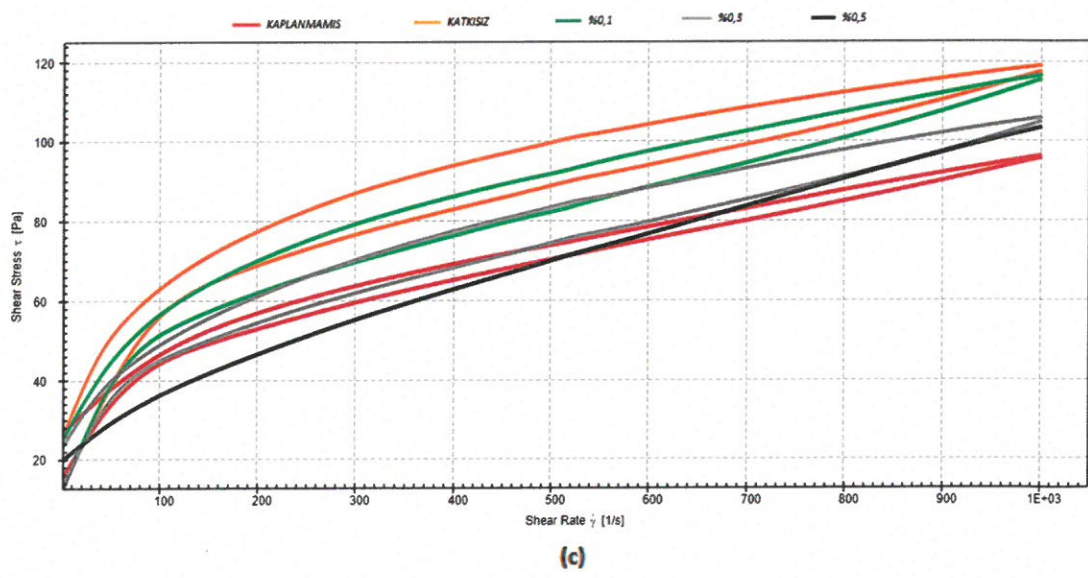
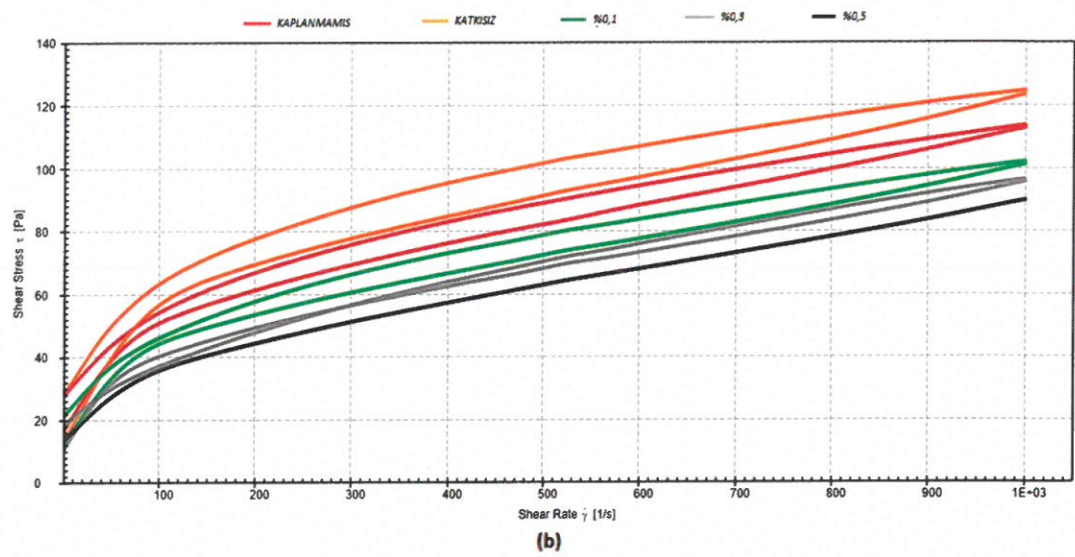
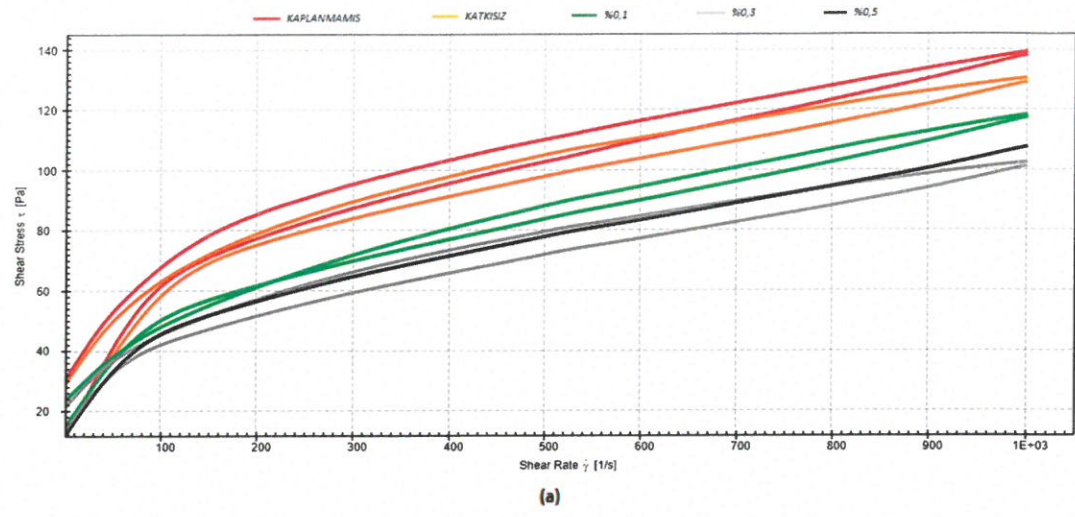
Şekil 4.10 Farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Farklı öğütme sürelerinde % 0.5 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde 3 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.3, % 0.5) Darvan katkısı incelenmiştir.

Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borik asitli reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borik asitli (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Darvan katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Darvan katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Darvan katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi temsil etmektedir.

Darvan katkısı arttıkça Borik asitli sulu sistemlerin viskozite değerleri azalmış olup akışkanlık olumlu yönde etkilenmiştir. Ayrıca Darvan katkısı arttıkça tiksotrop özelliğe azalma ile olumlu değişim gözlenmiştir. Bütün öğütme sürelerinde viskozitedeki en fazla azalma ayrıca tiksotrop luğunda azalması ile birlikte % 0.5 Darvan katkısıdır.

Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



**Şekil 4.11** Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

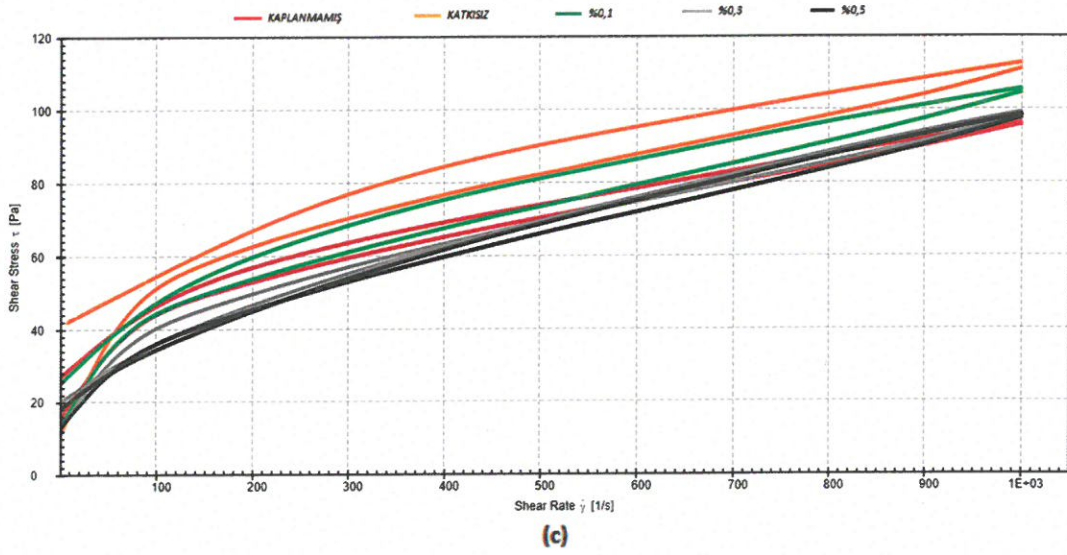
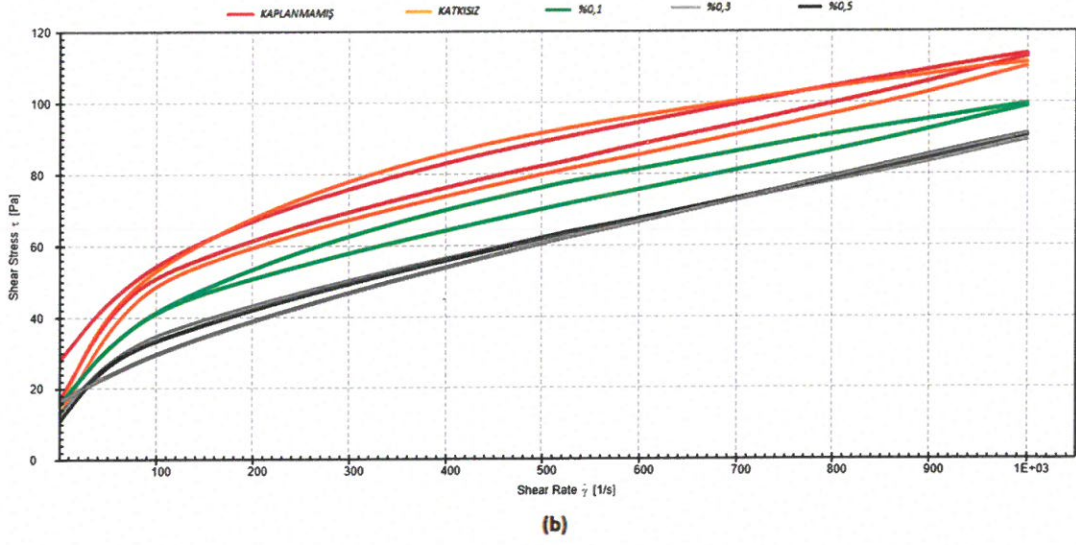
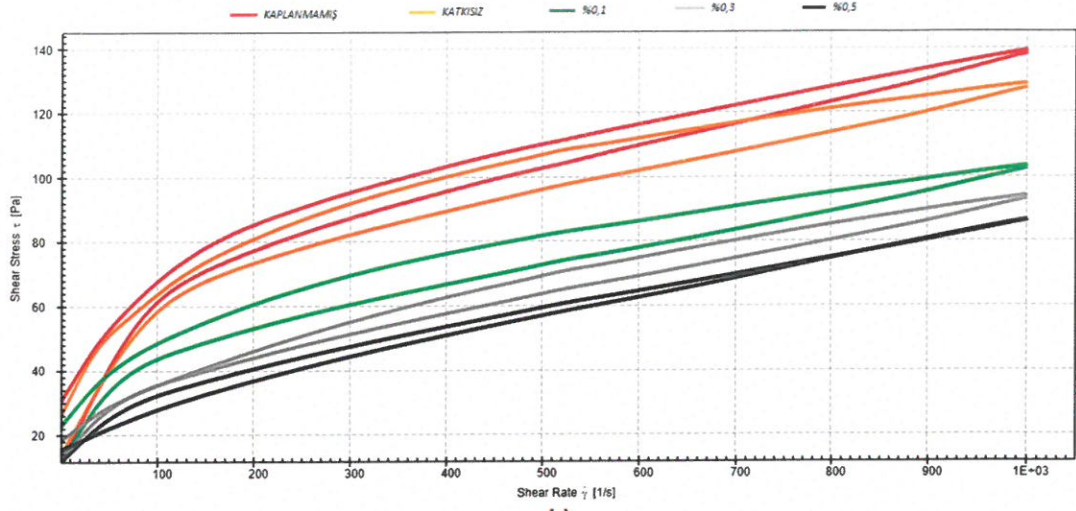


Farklı öğütme sürelerinde % 1 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde 3 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.3, % 0.5) Darvan katkısı incelenmiştir.

Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borik asitli reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borik asitli (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Darvan katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Darvan katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Darvan katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi temsil etmektedir.

Darvan katkısı arttıkça Borik asitli sulu sistemlerin viskozite değerleri azalmış olup akışkanlık olumlu yönde etkilenmiştir. Ayrıca 60 dk öğütülmüş Borik asitli sulu sistemlerde % 0.5 Darvan katkısının viskozitenin yanında tiksotropluğun da azaldığı görülmekte olup olumlu bir durum göstergesidir.

Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



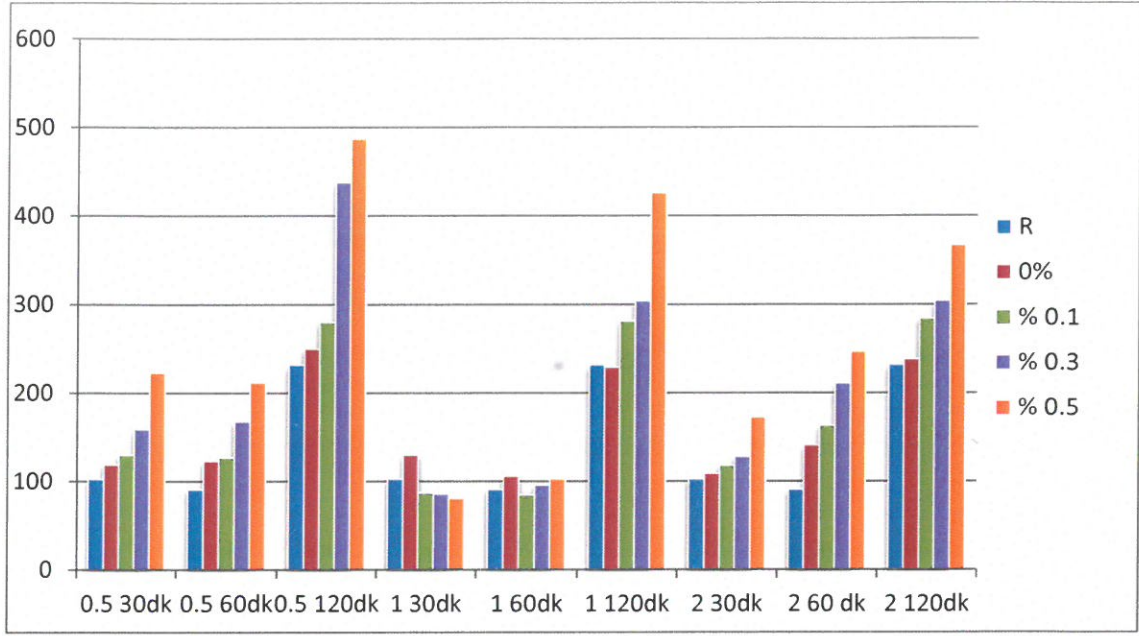
Şekil 4.12 Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde Darvan katkısının incelenmesi (a)30 dk,(b) 60 dk, (c) 120 dk.

Farklı öğütme sürelerinde % 2 Mg-stearat ile kaplanmış Borik asit numunelerinin sulu sistemde 3 farklı konsantrasyonda (% 0.1, % 0.3, % 0.5) Darvan katkısı incelenmiştir.

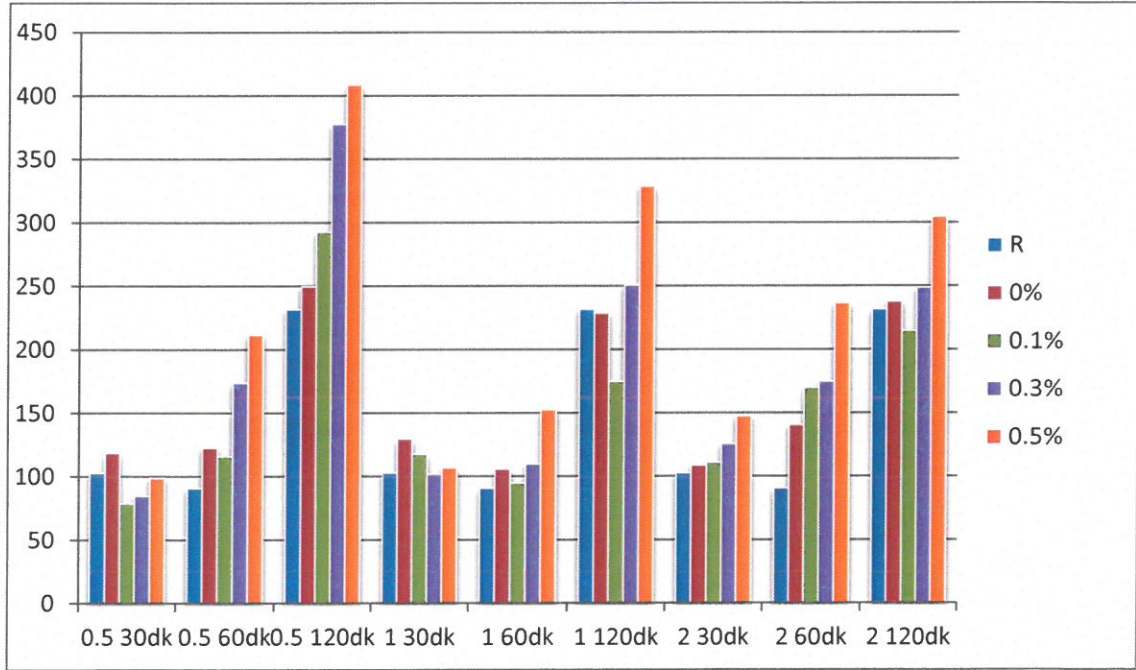
Grafiklerde kırmızı eğriler kaplanmamış Borik asitli reçeteyi, sarı eğriler hiç dispersant katılmamış kaplanmış Borik asitli (% 0) reçeteyi, yeşil eğriler % 0.1 Darvan katılmış kaplanmış borik asitli reçeteyi, gri eğriler % 0.3 Darvan katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi, siyah eğriler % 0.5 Darvan katılmış kaplanmış Borik asitli reçeteyi temsil etmektedir.

Darvan katkısı arttıkça Borik asitli sulu sistemlerin viskozite değerleri azalmış olup akışkanlık olumlu yönde etkilenmiştir. Ayrıca 30 dk öğütülmüş Borik asitli sulu sistemlerde % 0.5 Darvan katkısının viskozitenin yanında tiksotropluğu da azaldığı görülmektedir.

Grafiklerde viskozitenin tek bir nokta ile ifade edilemediği görülmektedir. Ayrıca eğrilerin viskoziteleri kayma hızı (shear rate) arttıkça azaldığı için Pseudoplastik özellik göstermektedir.



Şekil 4.13 Borakslı süspansiyonlarda değişen Dolapix CE64 oranlarına göre viskozite değerleri

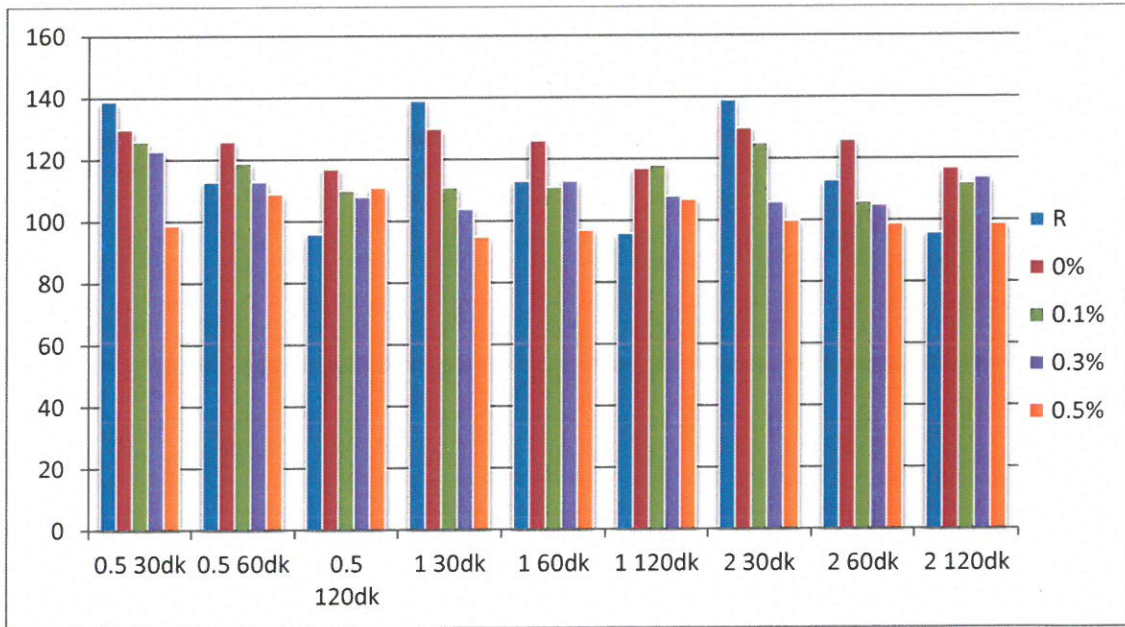


Şekil 4.14 Borakslı süspansiyonlarda değişen Darvan oranlarına göre viskozite değerleri

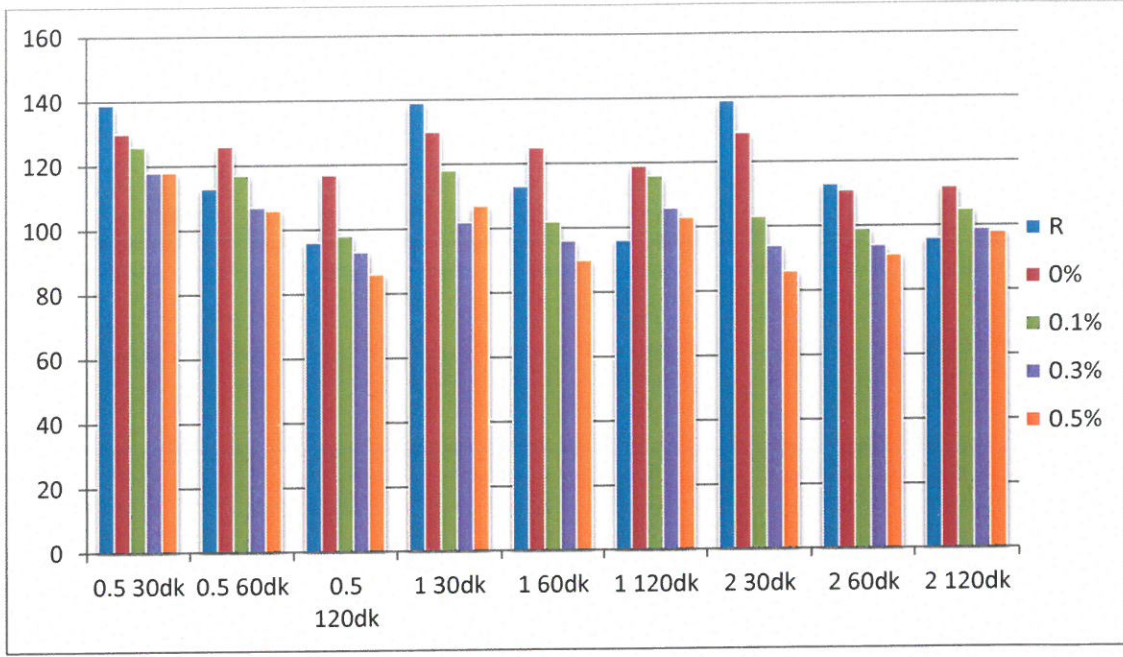
Mg stearat ile kaplanmış Borakslı seramik süspansiyonları serilerinde genelde Dolapix CE 64 dispersant ilavesi ile tiksotrop özellik ve viskozitede artış görülmektedir. % 1 Mg stearat ile 2 saat kaplanmış numunede hiç dispersant ilave edilmedenki hali ile karşılaştırıldığında kaplanmamış numuneye göre viskozitede ve tiksotroplukta azalış

olması iyileşme yönünde bulgular arasındadır. % 1 Mg stearat ile 2 saat kaplanmış numunenin Dolapix CE64 ile etkileşimi incelendiğinde % 1 Mg stearat ile kaplanmış Boraks içeren tüm serilerde genel olarak dispersant ilavesi ile birlikte viskozitede azalma dolayısıyla süspansiyon içerisinde daha iyi disperse edilebildiği anlaşılmaktadır. Bunun dışındaki Mg stearat ile kaplanmış Borakslı numunelerde dispersant ilavesine rağmen viskozitede olumlu bir düşüş gözlenmemiştir. Mg stearat ile kaplanmış Borakslı seramik süspansiyonları serilerinde genelde Darvan dispersant ilavesi ile 2 saatlik tüm serilerde Dolapix CE64 serilerine göre daha iyi disperse olduğu viskozitedeki düşüş ile anlaşılmaktadır.

Kaplanmamış Boraks içeren seramik süspansiyonu ölçümlerinde genel olarak, öğütme süresi arttıkça tiksotrop eğilimin arttığı ve en yüksek viskozitenin 2 saat öğütülen numunelerde olduğu gözlenmiştir. Genel olarak Darvan dispersantının Dolapix CE64'e göre Borakslı numuneler için daha iyi disperse edici olduğu görülmüştür.



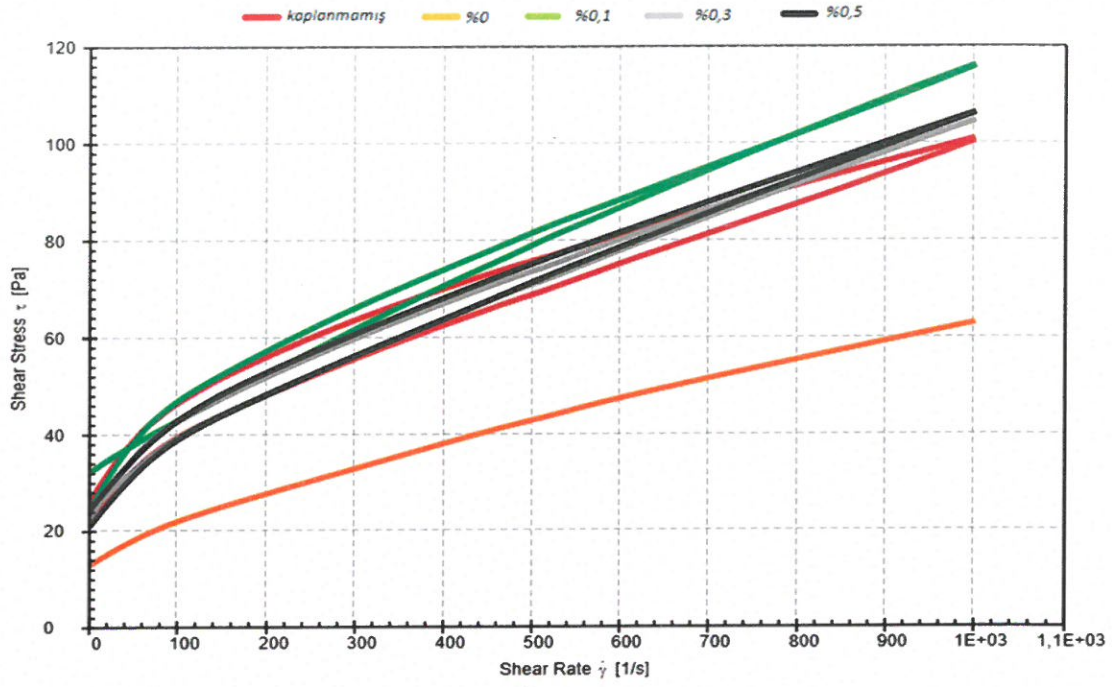
Şekil 4.15 Borik asitli süspansiyonlarda değişen Dolapix CE64 oranlarına göre viskozite değerleri.



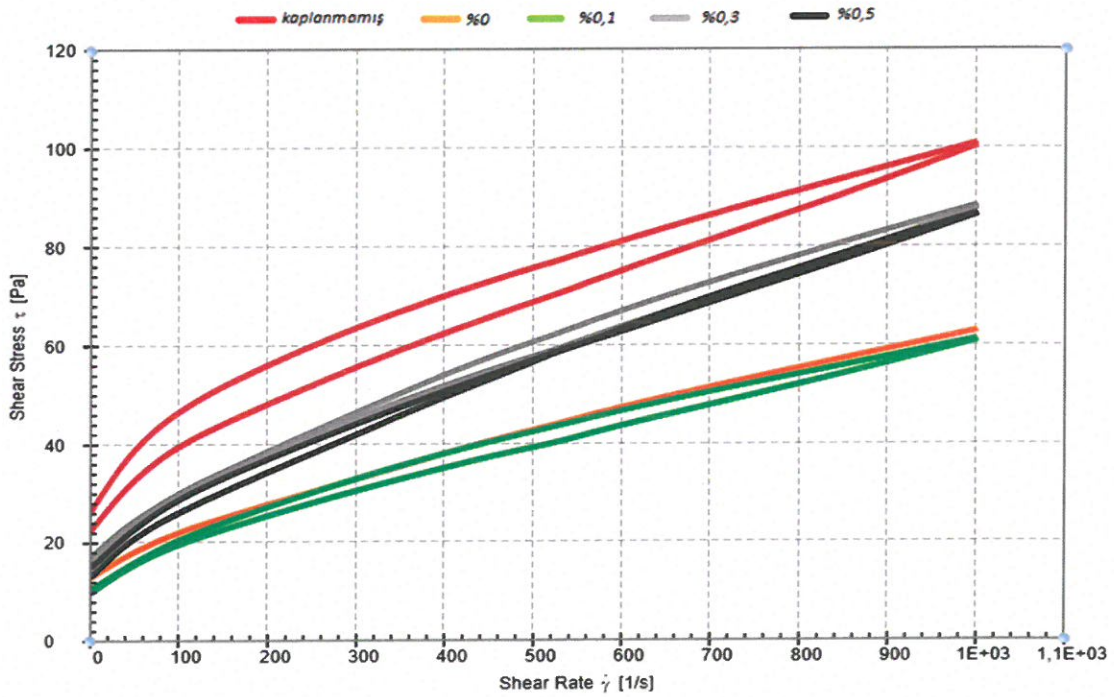
**Şekil 4.16** Borik asitli süspansiyonlarda değişen Darvan oranlarına göre viskozite değerleri.

Mg stearat ile kaplanmış Borik asitli sulu sistem serilerinde genel olarak her iki dispersant ile de iyi disperse olduğu viskozitedeki ve tiksotropiye azalışı neticesinde görülmüştür ancak Dolapix CE64 dispersantının Darvan dispersantına oranla daha çok viskozitede azalma gösterdiği gözlenmiştir. Bununla birlikte % 0.5 , % 1 , % 2 Mg-stearat ile 30 dk öğütülerek kaplanmış numunelerde kaplanmamış numunelere göre viskozitesinde azalma görülmüş olması iyileşme yönünde bulgular arasındadır.

Mg stearat ile kaplanmış temas açısı değerlerine göre en hidrofob olan % 1 konsantrasyonda 2 saat süre kaplanmış numuneler % 10 Boraks % 10 Borik asit reçetesine dahil edilmiş olup 2 farklı dispersant ve 4 farklı konsantrasyonda kaplanmamış olan süspansiyon ile kıyaslanmıştır.

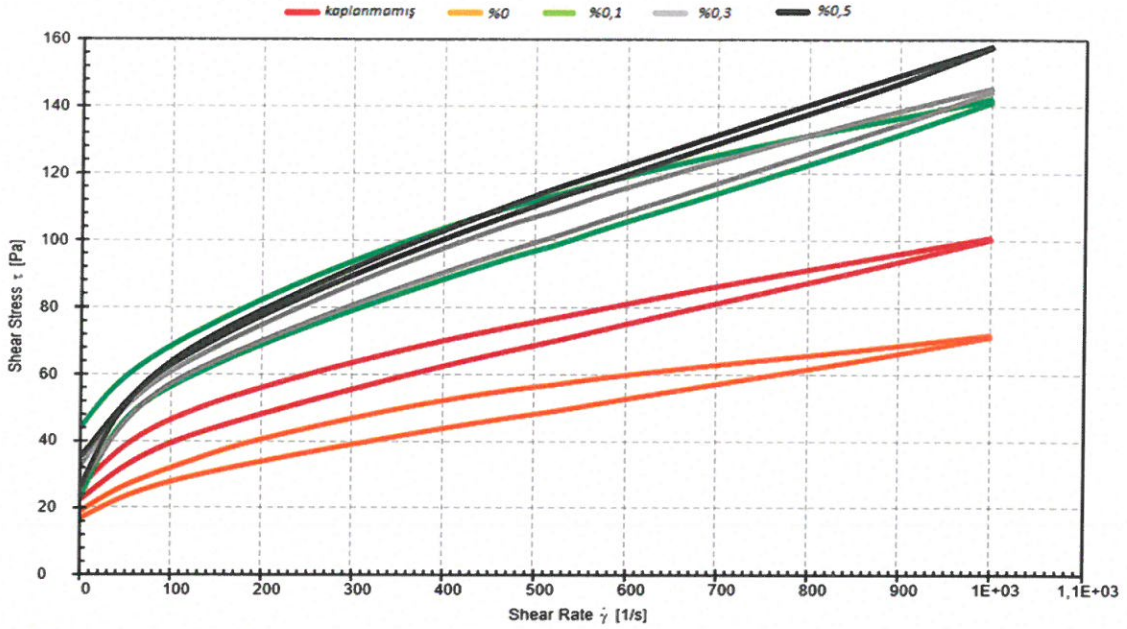


Şekil 4.17 % 1 Mg stearat konsantrasyonda 2 saat süre ile kaplanmış % 10 Boraks/% 10 Borik asit reçetesine dahil edilen dolapix dispersantı konsantrasyonunu göre değişen reoloji grafiği.

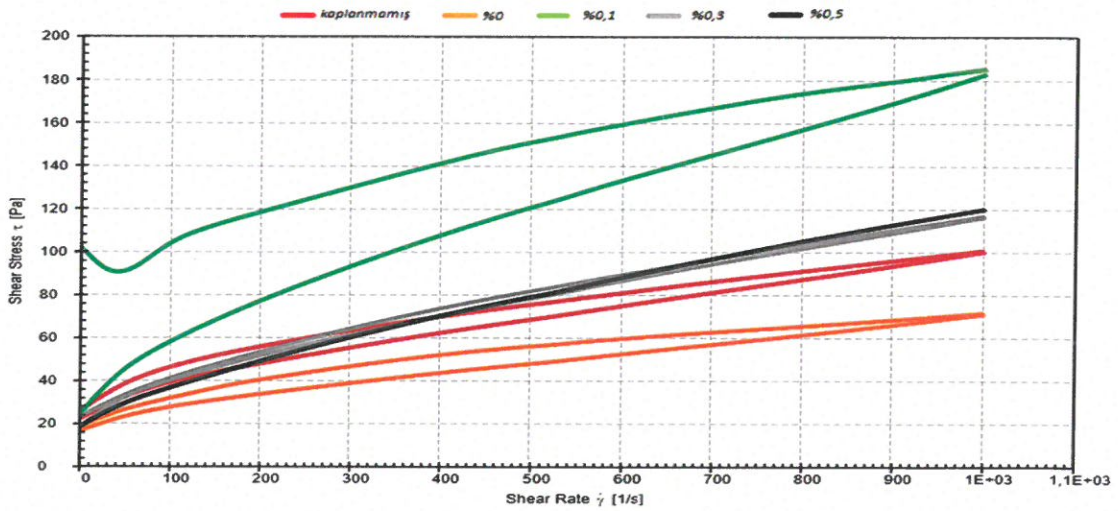


Şekil 4.18 % 1 Mg stearat konsantrasyonda 2 saat süre ile kaplanmış % 10 Boraks/% 10 Borik asit reçetesine dahil edilen darvan dispersantı konsantrasyonunu göre değişen reoloji grafiği.

Yapılan her iki dispersant ilaveleri ile de viskozitelerde herhangi bir düşüş gözlenmediği ve dispersant ilavesi yapılmadan (% 0) hazırlanmış süspansiyonun kaplanmamış numunelere göre en uygun olduğu viskozitedeki ve tiksotropik özelliklerinde azalış ile görülmüştür.



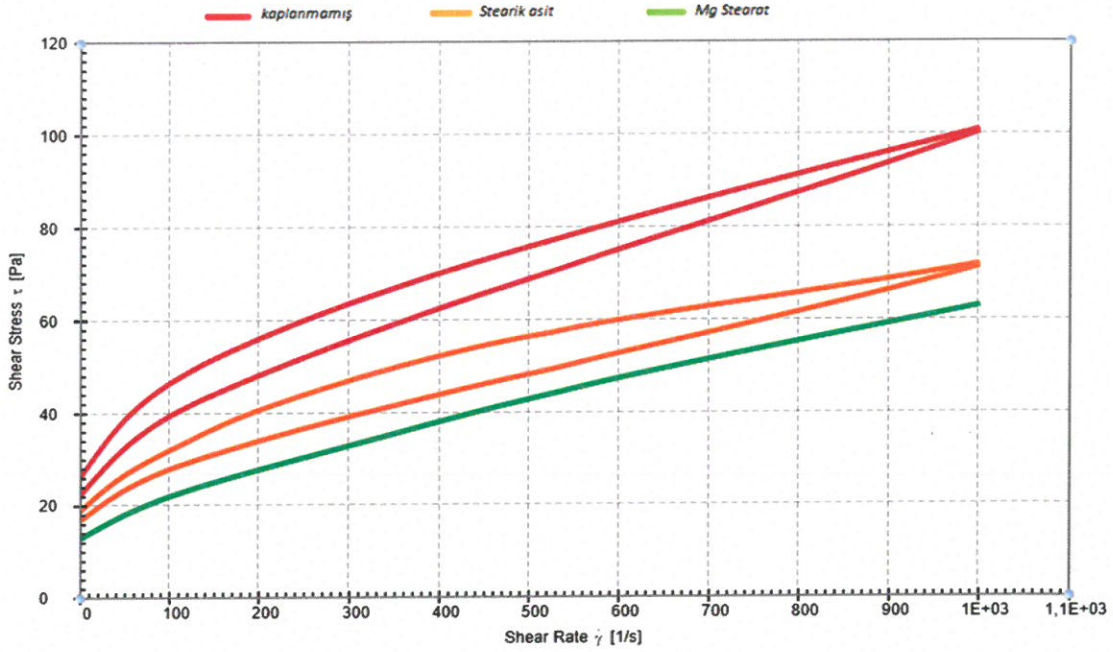
**Şekil 4.19** % 1 Stearik asit konsantrasyonunda 2 saat süre ile kaplanmış %10 Boraks/%10 Borik asit reçetesine dahil edilen dolapix dispersantı konsantrasyonunu göre değişen reoloji grafiği.



**Şekil 4.20** % 1 Stearik asit konsantrasyonunda 2 saat süre ile kaplanmış %10 Boraks/%10 Borik asit reçetesine dahil edilen darvan dispersantı konsantrasyonunu göre değişen reoloji grafiği.



% 1 Stearik asit ile 2 saat süre ile öğütülerek kaplanmış bor bileşikleri içeren sulu sistemlerde (% 10 Boraks / % 10 Borik asit) her iki dispersant ilaveleri ile de viskozitelerde herhangi bir düşüş gözlenmediği ve dispersant ilavesi yapılmadan (% 0) hazırlanmış süspansiyonun kaplanmamış numunelere göre en uygun olduğu viskozitedeki azalış ile görülmüştür.



Şekil 4.21 Kapanmamış, Stearik asit ve Mg stearat (% 10 Boraks/% 10 Borik asit reçetesinde % 0 dispersant) ile kaplanmış numunelerin kıyaslanması

Son olarak kaplanmamış Mg stearat ve Stearik asit ile kaplanmış numunelerin reoloji grafiklerinde gösterilen viskozite ve tiksotropluk özelliğine göre en iyi numunelerin kıyaslaması yapılmıştır. Bu kıyaslama sonucunda en düşük viskozite değerinde ve tiksotrop olmayan numune Mg stearat ile kaplanmış numune olduğu görülmüştür.

## 5. TARTIŞMA

Mg stearat ve stearik asit ile kaplanmış Boraks ve Borik asitli sulu sistemlerde kaplanmamış Boraks ve Borik asitli sulu sistemlere göre akışkanlıkta iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır.

- Mg stearat ile kaplanmış Borakslı seramik süspansiyonları serilerinde genelde Dolapix CE 64 dispersant ilavesi ile tiksotrop özellik ve viskozitede artış görülmektedir. Darvan dispersantının Dolapix CE 64 dispersantına oranla daha çok viskozitede azalma gösterdiği gözlenmiştir.
- Kaplanmamış Boraks içeren seramik süspansiyonu ölçümlerinde genel olarak, öğütme süresi arttıkça tiksotrop eğilimin arttığı ve en yüksek viskozitenin 2 saat öğütülen numunelerde olduğu gözlenmiştir.
- Mg stearat ile kaplanmış Borik asitli sulu sistem serilerinde genel olarak her iki dispersant ile de iyi disperse olduğu viskozitedeki ve tiksotropluktaki azalış neticesinde görülmüştür ancak Dolapix CE 64 dispersantının Darvan dispersantına oranla daha çok viskozitede azalma gösterdiği gözlenmiştir.
- % 0.5, % 1, % 2 Mg-stearat ile 30 dk öğütülerek kaplanmış numunelerde kaplanmamış numunelere göre viskozitesinde azalma görülmüş olması iyileşme yönünde bulgular arasındadır.
- Mg stearat ile kaplanmış temas açısı değerlerine göre hidrofobik özelliği en yüksek olan % 1 konsantrasyonda 2 saat süre kaplanmış numunelerin olduğu görülmüştür.
- % 1 Stearik asit ile 2 saat süre ile öğütülerek kaplanmış bor bileşikleri içeren sulu sistemlerde (% 10 Boraks / % 10 Borik asit) her iki dispersant ilaveleri ile de viskozitelerde herhangi bir düşüş gözlenmediği ve dispersant ilavesi

yapılmadan (% 0) hazırlanmış süspansiyonun kaplanmamış numunelere göre en uygun olduğu viskozitedeki azalış ile görülmüştür.

- Kaplanmamış, Mg stearat ve stearik asit ile kaplanmış numunelerin viskozite ve tiksotropluk özelliğine göre en iyi numunelerin kıyaslaması sonucunda en düşük viskozite değerinde ve tiksotrop olmayan numune Mg stearat ile kaplanmış numune olduğu görülmüştür.
- Çalışma amacına ulaşmış olup grafiklerde viskozitenin azalıp akışkanlığın arttığı sistemler bulunmaktadır. Farklı dispersantlar veya kullanılan dispersantların oranları değiştirilerek çalışma geliştirilebilir. Ayrıca seramik uygulamaları ve testleri yapılarak çalışma geliştirilebilir.
- Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, daha sonra yapılabilecek çalışmalar için önemli bir basamak oluşturmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

- Alonso, M., Alguacil, F.J. (1999). Dry Mixing and Coating of Powders. *Revista de Metalurgia*, **35**: 315-328.
- Arcasoy, A. (1983). Seramik Teknolojisi. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Deem, DE, Lieberman, H., Rieger, M., Banker, G., (1988). Rheology of Dispersed Systems, Pharmaceutical Dosage Forms, Disperse Systems, Eds: Marcel Dekker, Inc., New York, s.367-425.
- Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (2012). Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Raporu.
- Fröberg, L. (2007). Factors Affecting Raw Glaze Properties. Abo Akademi University, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Abo, Finland.
- Gerhartz, W. (1995). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5. Completely Revised Edition, Boston, USA.
- Gomari, K.A.R., Hamouda, A.A., Denoyel, R., (2006). Influence of Sulfate Ions on the Interaction Between Fatty Acids and Calcite Surface. *Colloids and Surfaces A*, **287**: 29-35.
- Hao, D., Shou-Ci, L., Yan-Xi, D., Gao-Xiang, D., (2007). Mechano-Activated Surface Modification of Calcium Carbonate in Wet Stirred Mill and its Properties. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, **17**: 1100-1104.
- Hawthorne, F.C., Burns, P.C. and Grice, J.D. (1996). The Crystal Chemistry of Boron Boron Mineralogy. *Reviews in Mineralogy and geochemistry*, **33**: 41-115.

- Helvacı, C. (2005). Borates. Encyclopedia of Geology, *Elsevier*, **3**: 510-522.
- Honda, M., Okubo, H., Aoyagi, H., Inui, A. (1987). Impulse Breakdown Characteristics of Coated Electrodes in SF<sub>6</sub> Gas. *IEEE Transactions on Powder Delivery*, **2**: 699-708.
- Izgü, E., (1984). Genel ve Endüstriyel Farmasötik Teknoloji I, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları:57, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, s.202-214.
- Kangwantrakool, S. and Shinohara, K. (2001). Preparation of New WC-Co/TiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composite Metarials with Mechanically Coated Particles. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, **34**: 1486-1492.
- Kartal, A. ve Gürtekin, H. (2002). Çeşitli Bor Hammaddelerinin Sırın Erime Davranışlarına Etkileri. 1. Uluslararası Bor Sempozyumu, Kütahya.
- Kartal, A. (1998). Sır ve Sırlama Tekniği. Çizgi Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, Türkiye.
- Katz, H.S., Milewski, J.V. (1978). Handbook of Fillers and Reinforcements for Plastics. Van Nostrand Reinhold International Company, 11. New York, USA.
- Kistler, R. and Helvacı, C. (1994). Boron and Borates Industrial Minerals and Rocks. *Society for Mining*, **54**: 12-19.
- Kroschwitz, J., Seidel, A. (2007). K-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Wiley-Interscience, New York, USA.
- Lyday, A.P. (1996). Boron, US Department of the Interior. Bureau of Mines, Washington D.C.

- Martin, A., Rustamante, P., Chun, C. (1993). *Rheology Physical Pharmacy*, Lea&Febiger, Philadelphia, 453-476.
- Matthes, W.E. (1985). *Keramische Glasuren*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH Köln.
- Mihajlovic, S., Sekulic, Z., Dakovic, A., Vucinic, D., Jovanovic, V., Stojanovic, J., (2009). Surface Properties of Natural Calcite Filler Treated with Stearic Acid, *Ceramics–Silikáty*. 53 (4) 268-275.
- Mujumbar, A., Wei, D., Dave, R., Pfeffer, R., Yu wu, C. (2004). Improvement of Humidity Resistance of Magnesium Powder Using Dry Particle Coating. *Powder Technology*, **140**: 86-97.
- Naito M., Kondo A., Yokokazu T. (1993). Applications of Comminution Techniques for the Surface Modification of Powder Metaterials. *Isij International*, **33**: 915-924.
- Özaslan, B. (2002). Bor Ürünleri ve Türk Seramik Sektörüne Etkileri. DPÜ Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Özel Bor Kimyasalları Toplantısı (2003). Seramik Sektörünün Stratejik Halkası; Frit. Ankara, Eti Holding A.Ş. Genel Müdürlüğü.
- Öztürk, S. (2006). Modification Of Calcium Carbonate Surfaces in Natural Gas Plasma For Their Use In Polypropylene Composite Systems, A Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- Parmelee, C. W. (1951). *Ceramic Glazes*. Industrial Publications, Chicago.

Pearnchob, N. and Bodmeier, R. (2003). Dry Polymer Powder Coating and Comparison with Conventional Liquid-Based Coatings for Eudragit RS, Ethylcellulose and Shellac. *European Journal of Pharmaceutics And Biopharmaceutics*, **56**: 363-369.

Pfeffer, R., Dave, R., Wei, D., Ramlakhan, M. (2001). Synthesis of Engineered Particulates With Tailored Properties Using Dry Particle Coating. *Powder Technology*, **117**: 40-67.

Reddy, D.V.R., Hobbs, H.A., Rajeshwari, R., Reddy, A.S. (1987). Use of Direct Antigen Coating And Protein A Coating ELISA Procedures For Detection Of Three Peanut Viruses. *Plant Disease*, **71**: 747-749.

Rhodes, D. (1958). *Clay and Glazes for the Potter*, Greenberg, Newyork.

Roskill, G. (1999). *The Economics of Boron*. Roskill Information Services Ltd. 2. Clapham Road, London, England.

Sekulic, Z., Mihajlovic, S., Dakovic, A., Kragovic, M., Stanic, T. (2009). Modification of Calcite with Stearic Acid Using the Solution Method. 7<sup>th</sup> International Industrial Minerals Symposium and Exhibition, Turkey, Kusadasi, 25-27 February, 213-217.

Seramik Türkiye Raporu Nisan-Haziran (2004). /No.04, s.116 -118.

Stefanov, S. (1988). *Ceramic Glazes*, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin.

Töre, İ. Ay, N. (2002). *Seramikte Bor*. Balıkesir Üniversitesi Bor Sempozyumu, Balıkesir, Türkiye.

Türkiye Seramik Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2012-2016)

Türk Standartları, (2007) TS – EN 122, TS – EN 154.

Wood, J. H., Lachman, L., Lieberman, H., Kanig, J. (1986). *Pharmaceutical Rheology the Theory and Practice of industrial Pharmacy (Third Ed)*, Eds, Lea&Febiger, Philadelphia, s.123-145.

Wu, W., Lu, S. (2003). Mechano-Chemical Surface Modification of Calcium Carbonate Particles by Polymer Grafting, *Powder Technology*, **137**: 41-48.

Yang, J., Sliva, A., Banerjee, A., Dave, R., Pfeffer, R. (2005). Dry Particle Coating for Improving the Flowability of Cohesive Powders. *Powder Technology*, **158**: 21-33.

Yip, C.W. and Hersey, J.A. (1977). Perfect Powder Mixtures. *Powder Technology*, **16**: 189-192.

Yoğurtçuoğlu, E., Uçurum, M. (2011). Surface modification of calcite by wet-stirred Ball Milling and its Properties. *Powder Technology*, **214**: 47–53.

Zdanovskii, A.B., Imamutdinova, V.M. (1965). Relative Solution Velocities of Natural Borates in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solutions at 98<sup>o</sup> C. Germany.

Zschimmer, S. and Schwarz, H. (2007). *Basis of Glaze Rheology*. Chemische Fabriken, Lahnstein, Germany.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Özge KARAOĞLU  
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir, 16.11.1990  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 0 535 071 60 39 / ozge.turkmn@hotmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Salih Zeki Anadolu Lisesi (2004-2008)  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Malzeme Bilimi ve  
Mühendisliği (2009-2013)  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Malzeme Bilimi ve  
Mühendisliği (2013-2016)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Esvit (stajyer) (Temmuz 2011-Ağustos 2011)  
Kümaş (stajyer) (Temmuz 2012- Ağustos 2012)  
Entil (stajyer) (Ağustos 2012- Eylül 2012)  
TÜBİTAK Proje Asistanı (Nisan 2015-Mayıs 2016)