

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI DÜZEYLERDE PREBİYOTİK BİLEŞEN İÇEREN ÇİKOLATALARIN
BAZI YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Bilge ÖZHAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Ankara
2012**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI DÜZEYLERDE PREBİYOTİK BİLEŞEN İÇEREN ÇİKOLATALARIN BAZI YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Bilge ÖZHAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nevzat ARTIK

Bu çalışmada, farklı düzeylerde (% 0.0, 6.0, 9.0, 12.0) prebiyotik bileşen (inülin ve polidekstroz) içeren çikolataların duyuşsal ve bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (reoloji, sertlik, renk, kül, nem, su aktivitesi) belirlenmiştir. Kromatografik tekniklerden ise HPLC (LC-20AD Prominence) kullanılmıştır. Bu aşamada, örneklerin işlenmesinin ardından (konçlama ve temperleme) örnekler içerisinde kalan inülin ve polidekstroz miktarları ve geri kazanım yüzdeleri belirlenmiştir. Araştırmada, üç farklı partikül büyüklüğü (0.20, 0.25 ve 0.28 µm) ve üç farklı konçlama süresi (3.5, 4.0 ve 4.5 saat) kullanılmıştır. Örneklerin hazırlanması sırasında, endüstriyel çikolata üretiminde kullanılan formülasyonlar dikkate alınmıştır. Duyusal değerlendirme sonucunda, tüm prebiyotik bileşen oranları için en yüksek puanı 20 µm partikül büyüklüğündeki 4.5 saat konçlama işlemine tabi tutulan örneklerin aldığı görülmüştür. Araştırmada partikül boyutu küçülmesi ve konçlama süresinin uzaması ile çikolatanın duyuşsal özelliğinin arttığı belirlenmiştir. Sertlik analizi sonucunda, partikül büyüklüğünün konçlama süresine kıyasla sertlik değerleri üzerinde daha fazla etkiye bulunduğu yargısına varılmıştır. Çalışmada yapılan reolojik değerlendirme ile inülin ve polidekstroz içeren örnekler için viskozite sonuçlarının birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. Çikolata örneklerine ait yield stress değerinin ise inülin içeren örneklerde polidekstroz içeren örneklerle kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, çikolatanın raf ömrü açısından önem taşıyan su aktivitesi değerlerinin konçlama süresi ile değiştiği belirlenmiştir. Renk analizleri sonucunda ise, prebiyotik bileşen, partikül boyutu ve konçlama süresi parametrelerinin üçlü interaksyonunun renk üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. İnülin içeren örnekler içerisinde en az ortalama geri kazanım miktarı % 12 inülin içeren örneklerde gözlenmiştir. Polidekstroz içeren örneklerde de benzer şekilde en az ortalama geri kazanım miktarı % 12 polidekstroz içeren örneklerde tespit edilmiştir. Çalışma sonunda, inülin ve polidekstroz bileşenleri ile ürün üzerinde istenmeyen tekstürel ve fizyolojik etkilere neden olmadan tüketiciler tarafından kabul gören düşük kalorili ve diş dostu çikolata üretiminin mümkün olduğu görülmüştür.

Aralık 2012, 139 sayfa

Anahtar Kelimeler: Çikolata, inülin, polidekstroz, prebiyotik, konçlama, temperleme
HPLC, shear stress, shear rate

ABSTRACT

Master Thesis

IDENTIFICATION OF SOME STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF CHOCOLATES INCLUDING PREBIOTIC CONTENTS AT DIFFERENT AMOUNTS

Bilge ÖZHAN

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

Supervisor: Prof. Dr. Nevzat ARTIK

In this study, sensory and some physical and chemical properties (rheology, hardness, color, ash, moisture, water activity) of chocolates containing different levels (0.0, 6.0, 9.0, 12.0 %) prebiotic component (inulin and polydextrose) were determined. HPLC (LC-20AD Prominence) were used as a chromatographic technique. At this stage, followed by processing of the samples (conching and tempering), amounts and percentages of recovery of the inulin and polydextrose in samples was determined. In the study, three different particle size, (0.20, 0.25 and 0.28 μm) and three different conching time (3.5, 4.0 and 4.5 hours) was used. During the preparation of the samples, the formulations are taken into consideration for the production of industrial chocolate. As a result of sensory evaluation, the highest score for all the rates of prebiotic ingredient is observed that the samples which had 20 μm particle size and subjected to conching during 4.5 hours. In the study, it was determined that sensory feature of chocolate increases by reduction of particle size and prolonged of conching time. As a result of the analysis it was suggested that, particle size effect on the hardness values more than conching duration. Rheological evaluation of the study, showed that the viscosity results of the samples containing polydextrose and inulin, are close to each other. However, the value of yield stress of chocolate samples containing inulin was higher than the samples containing polydextrose. In the study it was determined that values of water activity that are important for the shelf life of chocolate were varied with conching time. The colour analyzes showed that, three interaction of the prebiotic component, conching time and particle size parameters is effective on the color. The lowest average amount of recovery in the samples containing prebiotic component was observed in the samples containing 12 % inulin and 12 % polydextrose. At the end of the study it can be said that, it is possible to produce low-calorie and tooth-friendly chocolate and accepted by consumers with the components of inulin and polydextrose without causing unwanted textural and physiological effects on the product.

December 2012, 139 pages

Keywords: Chocolate, inulin, polydextrose, prebiotic, conching, tempering, HPLC, shear stress, shear rate

TEŞEKKÜR

Tez çalışması öncesi ve süresince her türlü destek ve bilgilerini benden esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Nevzat ARTIK'a (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü);

Değerli fikir, destek ve önerilerinden dolayı tez izleme komitesi üyesi Sayın Prof. Dr. Aziz TEKİN'e (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü) ve Sayın Prof. Dr. Alev BAYINDIRLI'ya (Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü);

HPLC çalışmaları sırasında önerileri ve destekleri için Sayın Prof. Dr. Ender Sinan POYRAZOĞLU'na (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü);

Tüm çalışmalarım sırasında sağladığı destek ve dayanışmalarından dolayı Sayın Dr. Nevzat KONAR'a (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü), Sayın Eşef ÖZAT'a (Flash Dondurma, Ankara) ve başta Mevlüt DOĞAN olmak üzere tüm Graf Gıda (Ankara) çalışanlarına;

Bu çalışmanın gerçekleşmesi için teknik destek sağlayan Tayaş Gıda Ar-Ge Departmanı'na (Kocaeli);

Beni her koşulda destekleyen ve sevgilerini hep hissettiğim tüm aileme ve Mustafa UÇAR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bilge ÖZHAN

Ankara, Aralık 2012

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖZET..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | x |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ..... | 3 |
| 2.1 Çikolata..... | 3 |
| 2.1.1 Çikolatanın fiziksel özellikleri ve partikül büyüklüğü..... | 4 |
| 2.1.2 Çikolata ve çikolata ürünlerinin yasal düzenlemesi..... | 5 |
| 2.1.3 Dünyada çikolata üretimi ve tüketimi..... | 7 |
| 2.2 Kakao Prosesi ve Çikolata Üretimi..... | 10 |
| 2.2.1 Karıştırma..... | 12 |
| 2.2.2 İnceltme..... | 13 |
| 2.2.3 Konçlama..... | 13 |
| 2.2.4 Temperleme..... | 14 |
| 2.3 Çikolatanın Beslenme Açısından Önemi ve Özellikleri..... | 17 |
| 2.3.1 Mineraller..... | 17 |
| 2.3.2 Polifenoller..... | 18 |
| 2.3.3 Stearik Asit..... | 18 |
| 2.3.4 Kafein ve diğer metilksantanlar..... | 19 |
| 2.3.5 Antioksidan Özelliği..... | 19 |
| 2.3.6 Endotel fonksiyonlar, kan basıncı ve kardiyovasküler sistem üzerine etkileri..... | 20 |
| 2.4 Polidekstroz..... | 20 |
| 2.5 İnülin..... | 21 |
| 2.6 Fonksiyonel Çikolata..... | 22 |
| 2.7 Kaynak Özetleri..... | 24 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM..... | 27 |
| 3.1 Materyal..... | 27 |

| | |
|---|----|
| 3.1.1 Örnekler..... | 27 |
| 3.1.2 Reaktifler ve ekipmanlar..... | 27 |
| 3.1.3 Standartlar..... | 27 |
| 3.2 Metod..... | 28 |
| 3.2.1 Deneme planı..... | 28 |
| 3.2.2 Örnek hazırlama..... | 28 |
| 3.2.3 Analizler..... | 31 |
| 3.2.3.1 Çikolata örneklerinin duyuşal yönden değerlendirilmesi..... | 31 |
| 3.2.3.2 Fiziksel ve kimyasal analizler..... | 34 |
| 3.2.3.2.1 Shear stress ve shear rate | 34 |
| 3.2.3.2.2 Sertlik analizi..... | 34 |
| 3.2.3.2.3 Renk (Parlaklık)..... | 36 |
| 3.2.3.2.4 Partikül büyüklük dağılımı..... | 36 |
| 3.2.3.2.5 Kül tayini..... | 37 |
| 3.2.3.2.6 Nem tayini..... | 37 |
| 3.2.3.2.7 su aktivitesi..... | 38 |
| 3.2.3.2.8 İnülin ve polidekstroz tayini..... | 38 |
| 3.2.3.3 İstatistiksel analiz..... | 39 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI..... | 40 |
| 4.1 Duyusal Analiz Sonuçları..... | 40 |
| 4.2 Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları..... | 44 |
| 4.2.1 Shear stress ve shear rate..... | 44 |
| 4.2.2 Tekstür (Sertlik) analizi..... | 46 |
| 4.2.3 Renk (Parlaklık) analizi..... | 50 |
| 4.2.4 Partikül büyüklük dağılımı..... | 53 |
| 4.2.5 Kül tayini..... | 61 |
| 4.2.6 Nem tayini..... | 63 |
| 4.2.7 Su aktivitesi..... | 66 |
| 5.3 HPLC Analiz Sonuçları..... | 70 |
| 5.3.1 İnülin içeren çikolata örneklerine ait HPLC analiz sonuçları..... | 72 |
| 5.3.2 Polidekstroz içeren çikolata örneklerine ait HPLC analiz sonuçları..... | 75 |
| 6. SONUÇ ve ÖNERİLER | 78 |

| | |
|---|------------|
| KAYNAKLAR..... | 81 |
| EKLER | 85 |
| EK 1 Tüm örneklere ait Shear Stress ve Shear Rate analiz grafikleri..... | 86 |
| EK 2 Tüm örneklere ait HPLC analiz grafikleri..... | 118 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 139 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| HPLC | Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi |
| PGPR | Polyglycerol Polyricinoleate |
| SD | Standart Sapma |
| CV | Korelasyon Değeri |
| μm | Mikrometre (mikron) |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | | |
|-----------|---|----|
| Şekil 2.1 | Theobroma familyasına ait kakao ağacı..... | 3 |
| Şekil 2.2 | Ticari olarak üretilmiş kaplamalı ürünlerin partikül büyüklüğü dağılımı..... | 5 |
| Şekil 2.3 | Bazı ülkelerde kişi başına düşen çikolata tüketimi..... | 10 |
| Şekil 2.4 | Çikolata üretimi proses basamakları..... | 12 |
| Şekil 2.5 | Beş silindirli inceltme sistemi..... | 13 |
| Şekil 2.6 | Frisse konçlama sistemi iç mekanizması..... | 14 |
| Şekil 2.7 | Çikolatanın yağ kristalizasyonunda temperleme süreci..... | 15 |
| Şekil 2.8 | Temperleme makinası..... | 16 |
| Şekil 3.1 | Örnek hazırlama akış şeması..... | 30 |
| Şekil 3.2 | Çikolata örneklerinin değerlendirilmesinde kullanılan duyuşal değerlendirme formu..... | 32 |
| Şekil 3.3 | Tayaş Gıda bünyasında yer alan duyuşal analiz laboratuvarı..... | 33 |
| Şekil 3.4 | Tekstür analizörü (TA XT PLUS, İngiltere)..... | 35 |
| Şekil 3.5 | Partikül boyut analizörü (Model LA – 300, Japonya)..... | 36 |
| Şekil 3.6 | LC 20 AD (Shimadzu) HPLC Cihazı..... | 38 |
| Şekil 4.1 | İnülin ve polidekstroz içeren örneklerin ve kontrol örneklerinin partikül büyüklüğüne göre ortalama viskozite değerlerinin dağılımı.. | 46 |
| Şekil 4.2 | İnülin ve polidekstroz içeren örneklerin ve kontrol örneklerinin partikül büyüklüğüne göre ortalama yield stress değerlerinin dağılımı..... | 46 |
| Şekil 4.3 | 20 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 53 |
| Şekil 4.4 | 20 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 54 |
| Şekil 4.5 | 20 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 54 |
| Şekil 4.6 | 25 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 54 |
| Şekil 4.7 | 25 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 55 |
| Şekil 4.8 | 25 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 55 |
| Şekil 4.9 | 28 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 55 |

| | | |
|------------|---|----|
| Şekil 4.10 | 28 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 56 |
| Şekil 4.11 | 28 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 56 |
| Şekil 4.12 | 20 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 56 |
| Şekil 4.13 | 20 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 57 |
| Şekil 4.14 | 20 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 57 |
| Şekil 4.15 | 25 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 57 |
| Şekil 4.16 | 25 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 58 |
| Şekil 4.17 | 25 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 58 |
| Şekil 4.18 | 28 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 58 |
| Şekil 4.19 | 28 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 59 |
| Şekil 4.20 | 28 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik..... | 59 |
| Şekil 5.1 | İnülin standardına ait HPLC kromatogramı..... | 71 |
| Şekil 5.2 | Polidekstroz standardına ait HPLC kromatogramı..... | 71 |
| Şekil 5.3 | % 6 inülin içeren örneklere ait HPLC kromatogramı..... | 72 |
| Şekil 5.4 | % 9 inülin içeren örneklere ait HPLC kromatogramı..... | 72 |
| Şekil 5.5 | % 12 inülin içeren örneklere ait HPLC kromatogramı..... | 73 |
| Şekil 5.6 | % 6 Polidekstroz içeren örneklere ait HPLC kromatogramı..... | 75 |
| Şekil 5.7 | % 9 Polidekstroz içeren örneklere ait HPLC kromatogramı..... | 75 |
| Şekil 5.8 | % 12 Polidekstroz içeren örneklere ait HPLC kromatogramı..... | 76 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | | |
|--------------|---|----|
| Çizelge 1.1 | Çikolata çeşitlerinin içerdiği kuru madde miktarı üzerinden hesaplanan bileşimleri (%)..... | 7 |
| Çizelge 2. 2 | 2004 ve 2008 Yılları arası dünya kakao üretimi (bin ton)..... | 8 |
| Çizelge 2.3 | İngiltere’de farklı yaş gruplarındaki erkek ve kadınlara ilişkin günlük çikolata tüketimi..... | 9 |
| Çizelge 2.4 | Bitter, sütlü ve beyaz çikolataya ait ana bileşenler..... | 11 |
| Çizelge 3.1 | Çikolata örneklerine ait kodlar ve proses değişkenleri..... | 29 |
| Çizelge 3.2 | Çikolata örneklerinin hazırlanmasında kullanılan formülasyonlar.... | 29 |
| Çizelge 3.3 | Duyusal değerlendirme - örnek grupları..... | 33 |
| Çizelge 3.4 | Teksür analizörü çalışma koşulları..... | 35 |
| Çizelge 4.1 | Kontrol örneklerine ait duysal değerlendirme sonuçları..... | 40 |
| Çizelge 4.2 | İnülin içeren çikolata örneklerine ait duysal değerlendirme sonuçları..... | 41 |
| Çizelge 4.3 | Polidekstroz içeren çikolata örneklerine ait duysal değerlendirme sonuçları..... | 42 |
| Çizelge 4.4 | Her grubun birincisi üzerinden yapılan son değerlendirme..... | 43 |
| Çizelge 4.5 | Tüm çikolata örneklerine ait reolojik ölçüm sonuçları..... | 45 |
| Çizelge 4.6 | Tüm çikolata örneklerine ait sertlik analizi sonuçları..... | 47 |
| Çizelge 4.7 | Sertlik analizinden elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirme verileri..... | 49 |
| Çizelge 4.8 | Tüm çikolata örneklerine ait renk (L-parlaklık) analizi sonuçları..... | 51 |
| Çizelge 4.9 | 20, 25, 28 µm partikül büyüklüğündeki örneklerin parlaklık değerlerinin prebiyotik madde oranı ve konçlama süresi ile değişimi..... | 52 |
| Çizelge 4.10 | Tüm çikolata örneklerine ait partikül büyüklük dağılımı analiz sonuçları..... | 60 |
| Çizelge 4.11 | Tüm çikolata örneklerine ait kül analizinden elde edilen sonuçlar | 62 |
| Çizelge 4.12 | Tüm çikolata örneklerinin kül analizi değerlerine ait istatistiksel değerlendirme sonuçları..... | 63 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Çizelge 4.13 | Tüm çikolata örneklerine ait nem analizi sonuçları..... | 64 |
| Çizelge 4.14 | Nem tayini istatistiksel değerlendirme sonuçları..... | 65 |
| Çizelge 4.15 | Tüm çikolata örneklerine ait su aktivitesi analiz sonuçları..... | 68 |
| Çizelge 4.16 | Farklı çikolata örnek gruplarına ait su aktivitesi değerleri (aw)..... | 69 |
| Çizelge 4.17 | Farklı çikolata örnek gruplarına ait su aktivitesi değerleri (aw)..... | 69 |
| Çizelge 5.1 | İnülin, polidekstroz, glikoz, frouktoz ve maltoza ait alıkonma süreleri..... | 70 |
| Çizelge 5.2 | % 6 inülin içeren örneklere ait HPLC analiz sonuçları..... | 73 |
| Çizelge 5.3 | % 9 inülin içeren örneklere ait HPLC analiz sonuçları..... | 74 |
| Çizelge 5.4 | % 12 inülin içeren örneklere ait HPLC analiz sonuçları..... | 74 |
| Çizelge 5.5 | %6 Polidekstroz içeren örneklerin HPLC analiz sonuçları..... | 76 |
| Çizelge 5.6 | %9 Polidekstroz içeren örneklerin HPLC analiz sonuçları..... | 77 |
| Çizelge 5.7 | % 12 Polidekstroz içeren örneklerin HPLC analiz sonuçları..... | 77 |

1. GİRİŞ

Çikolata; kakao ürünleri ile şeker ve/veya tatlandırıcı; gerektiğinde süt yağı dışındaki hayvansal yağlar hariç olmak üzere diğer gıda bileşenleri ile süt ve/veya süt ürünleri ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nde izin verilen katkı ve/veya aroma maddelerinin ilavesi ile tekniğine uygun şekilde hazırlanan bir gıda maddesini ifade eder.

Çikolata üretim prosesi genellikle aynı özellikleri taşımaktadır. Çikolata üretim prosesi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır (Afoakwa 2010);

1. Karıştırma
2. Rafinasyon
3. Konçlama
4. Temperleme
5. Şekil verme

Partikül büyüklüğünün belirlenmesi çikolatanın ağızda istenen hissi vermesi amacıyla üretim prosesinin çok önemli bir aşaması olarak bilinmektedir. Premium çikolatanın partikül büyüklüğünün 10-12 µm olması gerekmektedir. Diğer materyallerin kaplanmasında kullanılan çikolatanın kalınlığı 20-40 µm arasında iken diğer formlarda kullanılan çikolatanın partikül büyüklüğü 40-80 µm arasında olmaktadır (Lass 1999). Partikül boyutu, çikolatanın duyuşal özelliğini doğrudan etkilemektedir. Beckett (2000) tarafından büyük partiküllerin ağızda kumsu yapının hissedilmesinde önemli bir etken olduğu, küçük partiküllerin ise çikolatanın akış özelliklerini etkilediği ortaya konulmaktadır.

Konçlama işlemi çikolata üretiminde son aşamayı oluşturmaktadır. Bu prosesin önemi çikolatanın viskozitesini, tekstürünü ve flavorunu oluşturmasından ileri gelmektedir. Konçlama, çikolatanın birkaç saat süre ile 50 °C'de karıştırılması işlemi ifade etmektedir (Beckett 2000).

Günümüzde, fonksiyonel gıda biyolojik fonksiyonlar üzerinde olumlu etkileri olan, sağlık durumunu geliştiren ve/veya var olan hastalık riskini azaltan gıdalar olarak tanımlanmaktadır.

Son yıllarda birçok tüketici beslenme ve gıdalar hakkında daha fazla bilgi edinmeyi istemektedir. Aynı zamanda tüketiciler gıdaların doğal, güvenli, kolay hazırlanabilir ve tüketilebilir olmasını tercih etmektedirler (Gonzalez vd. 2011).

Prebiyotikler, bağırsaktaki sindirime yardımcı, besin emilimini olumlu yönde etkileyen ve bağışıklık sistemini güçlendiren faydalı mikrofloranın (örneğin Bifidobakteriler ve laktik asit bakterileri gibi) gelişimini ve/veya aktivitesini düzenleyerek patojen mikroorganizmaların gelişimini inhibe eden, kendileri sindirime uğramayan gıda bileşenleridir. Fruktooligosakkaritler, galaktooligosakkaritler, izomalto-oligosakkaritler, ksilooligosakkaritler, gentiooligosakkaritler ve dirençli nişasta prebiyotik özellik gösteren gıda bileşenleri arasında bulunmakta olup, inülin ve polidekstrozda prebiyotik aktivite sahibi maddeler arasında yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı, prebiyotik aktiviteye sahip olan inülin ve polidekstrozun % 0.0, % 6.0, % 9.0 ve % 12.0 gibi farklı oranlarda kullanılması ile elde edilen çikolata örneklerinin bazı tekstürel, reolojik, optik ve duyuşal özelliklerinin değerlendirilmesi ve örneklerin elde edilmesinde kullanılan inülin ve polidekstrozun proses stabiliteilerinin belirlenmesidir. Ayrıca çikolatanın kalite özellikleri üzerinde etkili olan konçlama ve partikül boyutu parametrelerinin farklı koşullarda uygulanması halinde yukarıda söz edilen özelliklerde meydana gelebilecek değişimlerin incelenmesidir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Çikolata

İngilizcedeki “cocoa” kelimesi Aztek ve Mayan dillerinden gelen cacao kelimesinin zamanla değişmesi ile ortaya çıkmıştır (Afoakwa ve MPhill 2008). Kakao ağacı, *Theobroma* familyasına aittir ve ismi İsveçli bitki bilimci Linnaeus tarafından verilmiştir (Dillinger vd. 2000). *Theobroma* kakao familyası için optimum yetiştirme koşulları 20–30 °C (68–86 °F), 1500–2500 mm yıllık yağış ve her yıl 2000 saat güneş ışığı olarak bilinmektedir (Afoakwa 2010).



Şekil 2.1 *Theobroma* familyasına ait kakao ağacı (Afoakwa 2010)

İspanyol kaşifler, 1500’lü yılların başında Christopher Columbus ve Hernando Cortes kakao tanelerini İspanya’dan getirmişlerdir ve kakaonun popüleritesi Avrupa ülkelerinde hızla yayılmıştır. Çikolata 1500’lü yılların ortalarına kadar medikal alanda kullanılmıştır. İlk çikolata evi ise 1600’lü yıllarda Londra’da açılmıştır (Schenker 2000).

2.1.1 ikolatanın fiziksel özellikleri ve partikül büyüklüğü

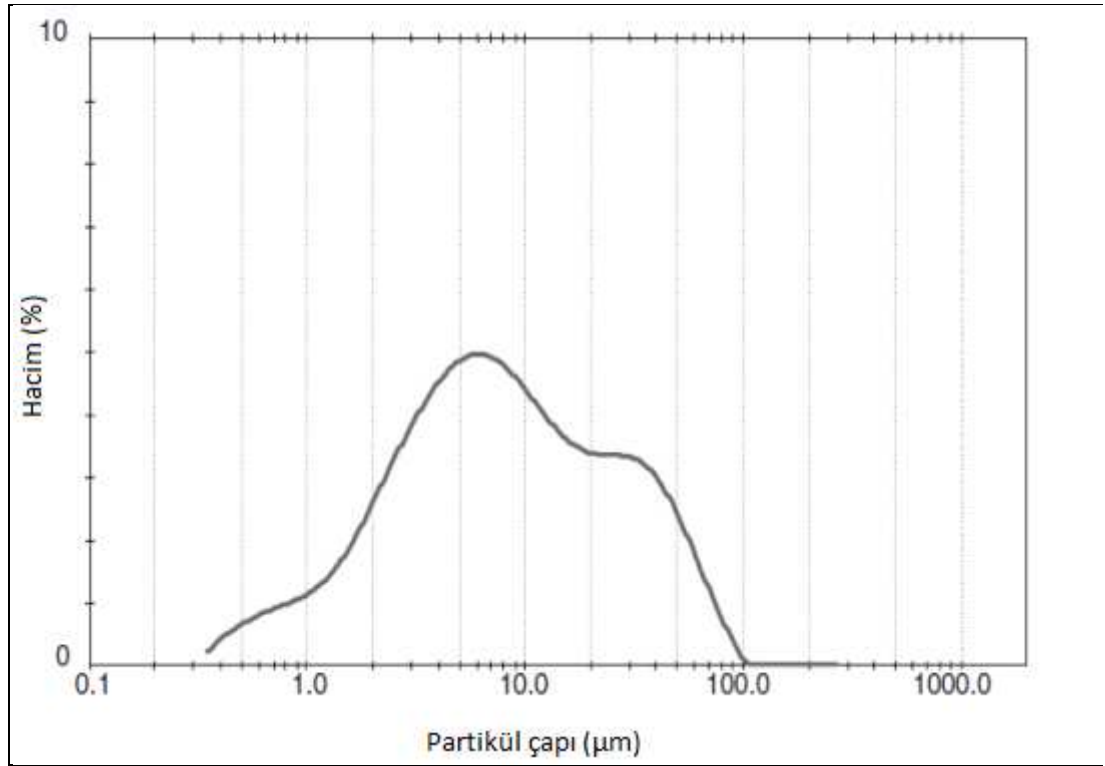
Çikolata için ağızda bıraktığı his çikolatanın tek ve en önemli karakteristiğı olarak bilinmektedir. Kakao yağı, vücut sıcaklığına yakın çok hassas bir erime noktasına sahiptir (Morgan 1994). Bu nedenle çikolata ağıza alındığında katı halden daha yumuşak ağızı saran bir sıvıya dönüşmektedir. Kakao yağının katı ve sıvı özellikleri triacylglicerol yapısından ileri gelmektedir. Partikül büyüklüğünün belirlenmesi de çikolatanın ağızda istenen hissi vermesi amacıyla üretim prosesinin önemli bir aşaması olarak bilinmektedir. Premium ikolatanın partikül büyüklüğünün 10-12 µm olması gerekmektedir. Diğerk materyallerin kaplanmasında kullanılan çikolatanın kalınlığı 20-40 µm arasında iken diğerk formlarda kullanılan çikolatanın partikül büyüklüğü 40-80 µm arasında olmaktadır (Lass 1999).

Partikül boyutu, çikolatanın duysal özelliğini doğrudan etkilemektedir. Beckett (2000) tarafından büyük partiküllerin ağızda kumsu yapının hissedilmesinde önemli bir etken olduğu, kkk partiküllerin ise çikolatanın akış özelliklerini etkilediğı ortaya konulmaktadır. Genellikle, partikül büyüklüğü Avrupa lkelerinde 15-20 µm iken Kuzey Amerika lkelerinde 20-30 µm olarak tanımlanmıştır. Fakat global endüstrinin gelişmesi ile geleneksel farklılıklar yok olmuş ve spesifikasyonların geliştirilmesiyle daha spesifik ürünler üretilmeye başlanmıştır (Jakson 1999).

Partikül büyüklüğünün optimizasyonu ile çikolatadan istenen damak zevki sağlanabilmektedir. rnek olarak partikül büyüklüğü 30 µm olan bir çikolata ağızda kumsu kaba bir tadın algılanmasına neden olmaktadır. Partikül büyüklüğünün dağılımı tekstürel yapıyı olduğu kadar ürün viskozitesini de etkilemektedir. Partikül büyüklüğü maksimum 20 µm olan bir çikolatanın tekstürel yapısı partikül büyüklüğü maksimum 30 µm olan bir çikolataya kıyasla daha kremsi bir yapı sergilemektedir (Beckett 2000).

Partikül büyüklüğü dağılımının akış prosesi üzerinde de etkin rol oynadığı bilinmektedir. Ancak bu etki deneyimsel bilgilerle sınırlı kalmıştır. Partikül büyüklüğü dağılımının optimizasyonu üzerine birçok örnek göstermiştir ki, proses etkinliğindeki gelişme ile üretimdeki kazanç artmıştır. Villagran, McCabe ve Wong yağı azaltılmış ürün prosesin konusunda patent almışlardır. Bu proses, çift yönlü (bimodal) partikül

büyüküğü dağılımı ve fındık ezmesinin viskozitesinin azalması ile sonuçlanmış, bu da düşük yağ içerikli fındık ezmesinde istenilen akıcılık tekstür ve aroma oluşumuna izin vermiştir. Birçok çikolata çeşidinin bimodal (çift yönlü) ve trimodal partikül büyüğüğü dağılımına sahip olduğı belirtilmektedir. Ticari olarak üretilmiş kaplamalı ürünlerin partikül büyüğüğü dağılımı şekil 1.2’de gösterilmiştir. Bimodal partikül büyüğüğü dağılımında partikül büyüğüğünün 15-25 µm arasında olduğı bilinmektedir (Beckett 2000).



Şekil 2.2 Ticari olarak üretilmiş kaplamalı ürünlerin partikül büyüğüğü dağılımı (Beckett 2000)

2.1.2 Çikolata ve çikolata ürünlerinin yasal düzenlemesi

Çikolata ve çikolata ürünleri Türk Gıda Kodeksi’nin Çikolata ve Çikolata Ürünleri Tebliğı’nde (Tebliğ no: 2003/23) tanımlanmıştır. Bu tanımlar aşağıda belirtilmektedir. Çikolataların içerdiği kuru madde miktarı üzerinden hesaplanan kompozisyonları da çizelge 1.1’ de yer almaktadır.

Çikolata; kakao ürünleri ile şeker ve/veya tatlandırıcı; gerektiğinde süt yağı dışındaki hayvansal yağlar hariç olmak üzere diğer gıda bileşenleri ile süt ve/veya süt ürünleri ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde izin verilen katkı ve/veya aroma maddelerinin ilavesi ile tekniğine uygun şekilde hazırlanan ürünü ifade eder.

Bitter çikolata; bileşiminde en az % 18 kakao yağı ve en az % 14 yağsız kakao kuru maddesi olacak şekilde en az % 35 toplam kakao kuru maddesi içeren çikolatadır.

Sütlü çikolata; Bileşiminde en az % 2.5 yağsız kakao kuru maddesi olacak şekilde en az % 25 toplam kakao kuru maddesi içeren, ayrıca en az % 14 süt kuru maddesi ve en az % 3.5 süt yağından oluşan, kakao yağı ve süt yağı toplam miktarı ise en az % 25 olan çikolatadır.

Beyaz çikolata; bileşiminde en az % 20 kakao yağı ve en az % 14 süt kuru maddesi içeren ve en az % 3.5'i süt yağı olan çikolatadır.

Dolgulu çikolata; dış kısmı toplam ürün ağırlığının en az % 25'ini içeren, bitter çikolata, sütlü çikolata, bol sütlü çikolata ve beyaz çikolatalardan birinden oluşan dolgulu çikolatadır.

Pralin; toplam ürün ağırlığının en az % 25 i bitter çikolata, sütlü çikolata, bol sütlü çikolata, beyaz çikolataların kombinasyonundan, karışımından veya herhangi birinden ya da dolgulu çikolatadan oluşan bir lokma büyüklüğündeki çikolatadır.

Çizelge 1.1 Çikolata çeşitlerinin içerdiği kuru madde miktarı üzerinden hesaplanan bileşimleri (%) (Anonim 2003)

| Çikolata Tipi | Toplam Kakao Kuru Maddesi | Yağsız Kakao Kuru Maddesi | Kakao Yağı | Toplam Yağ | Süt Kuru Maddesi | Süt Yağı | İnce Öğütülmüş Fındık veya Fındık Furesi |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|------------|------------------|----------|--|
| Bitter çikolata | ≥35 | ≥ 14 | ≥ 18 | | | | |
| Granül veya pul bitter çikolata | ≥32 | ≥14 | ≥12 | | | | |
| Kuvertür bitter çikolata | ≥35 | ≥2.5 | ≥31 | | | | |
| Fındık ezmeli bitter çikolata | ≥32 | ≥8 | | | | | ≥ 20 - 40≤ |
| Sütlü çikolata | ≥25 | ≥2.5 | | ≥25 | ≥14 | ≥3.5 | |
| Granül veya pul sütlü çikolata | ≥ 20 | | | ≥12 | ≥12 | | |
| Kuvertür sütlü | ≥25 | ≥2.5 | | ≥31 | | | |
| Fındık ezmeli sütlü çikolata | | | | | ≥10 | | ≥15 - ≤ 40 |
| Bol sütlü çikolata | ≥20 | ≥2.5 | | ≥25 | ≥20 | ≥5 | |
| Beyaz çikolata | | | ≥20 | | ≥14 | ≥ 3.5 | |

Kaynak: Türk Gıda Kodeksi Çikolata ve Çikolata Ürünleri Tebliği (Tebliğ No:2003/23)

2.1.3 Dünyada çikolata üretimi ve tüketimi

Günümüzde, dünyada yaklaşık olarak 2.7 milyon ton/yıl kakao üretilmektedir (Schenker 2000). Çizelge 1.2’de Kuzey Afrika ülkelerinin 2004-2008 yılları arasındaki kakao üretim dağılımı gösterilmektedir. Kuzey Afrika ülkeleri, kakao üretimi için ideal iklimik koşullara sahiptirler (Afoakwa 2010). Brezilya, Kamerun, Fil Dişi Sahilleri, Gana, Nijerya, Endonezya ve Malezya olmak üzere yedi ülkedeki çikolata üretimi dünya üretiminin % 86’sını oluşturmaktadır (Schenker 2000). Belirli bir dönem, en yüksek üretim payına sahip ülke Malezya ve birinci ihracatçı ülke Brezilya olmasına karşın 2005-2006 yılları arasında dünya kakao üretiminin % 71’i Fil Dişi Sahili (% 37.8) ve Gana (% 19.9) tarafından üretilmiştir (ICCO 2008).

Çizelge 2. 2 2004 ve 2008 Yılları arası dünya kakao üretimi* (bin ton) (Afoakwa 2010)

| Ülkeler | (2004-2005) | (2005-2006) | (2006-2007) |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Dünya Geneli | 3379 (% 100) | 3724 (% 100) | 3400 (% 100) |
| Afrika | 2375 (% 70.3) | 2642 (% 71.0) | 2392 (% 70.4) |
| Amerika | 445 (% 13.2) | 446 (% 12.0) | 411 (% 12.1) |
| Asya ve Pasifik Adaları | 559 (% 16.5) | 636 (% 17.1) | 597 (% 17.5) |
| Fil Dişi Sahili | 1286 (% 38.1) | 1408 (% 37.8) | 1292 (% 38.0) |
| Gana | 599 (% 17.8) | 740 (% 19.9) | 614 (% 18.1) |
| Endonezya | 460 | 530 | 490 |
| Nijerya | 200 | 200 | 190 |
| Kamerun | 104 | 166 | 129 |
| Brezilya | 171 | 162 | 126 |
| Ekvador | 116 | 114 | 114 |
| Papua Yeni Gine | 48 | 51 | 50 |
| Dominik Cumhuriyeti | 31 | 42 | 47 |

*: Parantez içerisindeki rakamlar yıllık üretim yüzdesini (%) ifade etmektedir.

Dünyadaki çikolata tüketimi ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Avrupa ülkeleri en yüksek çikolata tüketimine sahip ülkeler olarak bilinmektedir. Asya ülkelerinde, Akdeniz ülkelerinde ve tropikal iklime sahip ülkelerde ise çikolata tüketiminin daha düşük miktarlarda olduğu belirtilmektedir (Douglass ve Amann 1999).

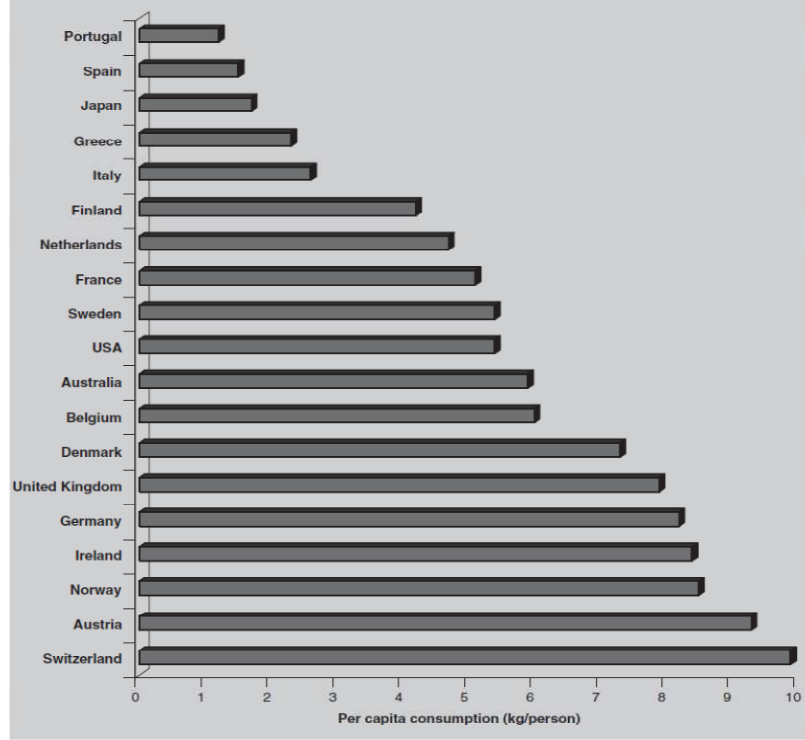
İngiltere’de yapılmış olan bir araştırmada farklı yaş gruplarındaki erkek ve kadınlara ilişkin günlük çikolata tüketimi ortaya konulmuştur. Araştırmaya ait bulgular çizelge 2.3’de gösterilmektedir (Schenker 2000).

Çizelge 2.3 İngiltere’de farklı yaş gruplarındaki erkek ve kadınlara ilişkin günlük çikolata tüketimi (Schenker 2000)

| Popülasyon | Tüketim Yapılan Günler (%) | Günlük Alım Miktarı (g) | |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | | Toplam Tüketim | Kişi başına Düşen Tüketim |
| Erkek 16-18 | 29 | 87.4 | 25.0 |
| Erkek 19-30 | 21 | 90.9 | 19.0 |
| Erkek 31-50 | 16 | 64.4 | 10.6 |
| Erkek 51-64 | 12 | 73.0 | 9.0 |
| Kadın 16-18 | 27 | 86.2 | 22.9 |
| Kadın 19-30 | 24 | 64.8 | 15.4 |
| Kadın 31-50 | 18 | 64.2 | 11.8 |
| Kadın 51-64 | 17 | 50.1 | 8.2 |
| Erkekler ve kadınlar 19-50 | 19 | 69.7 | 13.4 |
| Toplam | 18 | 68.3 | 12.4 |

ICCO (International Cocoa Organization) tarafından 2008 yılında yapılan bir araştırmaya göre dünyadaki ortalama kakao tüketimi 0.55 kg/kişi olarak belirlenmiştir. Şekil 1.3’de bazı ülkelerdeki kişi başına düşen çikolata miktarı gösterilmektedir. Avrupalıların en yüksek çikolata tüketim oranı 1.81 kg/kişidir. Bu değeri 1.38 kg/kişi ile Amerikalılar takip etmektedir. Afrika ve Asya’da ise kakao tüketimi yalnızca 0.14 ve 0.11 kg/kişi olarak belirlenmiştir. Kişi başına düşen en yüksek kakao tüketimi ise 5.97 kg/kişi değeri ile Belçika/Lüksemburg olarak bilinmektedir. Belçika’nın ardından, İsviçre (5.28 kg/kişi), Fransa (3.90 kg/kişi), Almanya (3.76 kg/kişi) ve İngiltere (3.72 kg/kişi) kişi başına düşen en yüksek çikolata tüketimine sahip ülkeler olarak sıralanmaktadır. Diğer ülkelerdeki kişi başına düşen çikolata tüketiminin sıralaması ise Birleşmiş Milletler (2.72 kg/kişi), Slovenya (2.66 kg/kişi), Avustralya (2.65 kg/kişi), Hırvatistan (2.14 kg/kişi), Japonya (1.29 kg/kişi), Rusya (1.24 kg/kişi), Brezilya (0.53

kg/kişi), Fil Dişi Sahilleri (0.49 kg/kişi), Gana (0.47 kg/kişi) ve Çin (0.03 kg/kişi) şeklindedir (Şekil 2.3) (ICCO 2008).



Şekil 2.3 Bazı ülkelerde kişi başına düşen çikolata tüketimi (International Confectionery Association 2008)

2.2 Kakao Prosesi ve Çikolata Üretimi

Theobroma familyasına ait yaklaşık 20 tür kakao bilinmektedir. Kakao ağacının meyvesi kabukludur ve kabuğun içerisinde 30-40 adet tohum bulunmaktadır. Hasadın ardından kabuklar açılmakta ve içi boşaltılarak fermentasyona bırakılmaktadır. Bu fermentasyon prosesinde ilk olarak alkoller ardından da asitler oluşmaktadır. Kurutulmuş kakao taneleri hammadde olarak kullanılmaktadır. Fermentasyon koşullarının çikolatanın lezzeti üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Schenker 2000).

Çikolata yapımında kullanılan kakao taneleri için bir proses belirlenmiştir. Taneler temizlenmekte, kavrulmakta ve harman savurma yöntemi ile kabuklarından ayrılarak kaba çekilmiş kahve elde edilmektedir. Kaba çekilmiş kahve kakao likörünü

oluşturmaktadır. Ardından presleme ile kakao yağı katı kısımdan ayrılmaktadır. Kakaonun katı kısmı istenen büyüklükteki parçalara ayrılarak kullanılmaktadır. Kakao tozu yaklaşık olarak % 10-12 veya % 16-18 oranında yağ içermekle birlikte nadiren % 22-24 oranında yağ içermektedir. Genellikle ekonomik nedenlerle % 10-12 yağ içeriğine sahip kakao tozu kullanılmaktadır (Beckett 2000).

Üretilen çikolatanın çeşidine göre proses farklılık göstermektedir. Uluslararası çikolata sınıflandırılmasının değişmemesiyle birlikte sütlü, bitter ve beyaz olmak üzere üç çeşit çikolata bulunmaktadır. Bu çikolata çeşitlerine ait karbonhidrat, yağ, protein miktarları çizelge 2.4'de verilmektedir. Beyaz çikolata kakao tozu içermemekle birlikte yalnızca yağ şeker ve aroma içermektedir (Afoakwa 2010).

Çizelge 2.4 Bitter, sütlü ve beyaz çikolataya ait ana bileşenler (Afoakwa 2010)

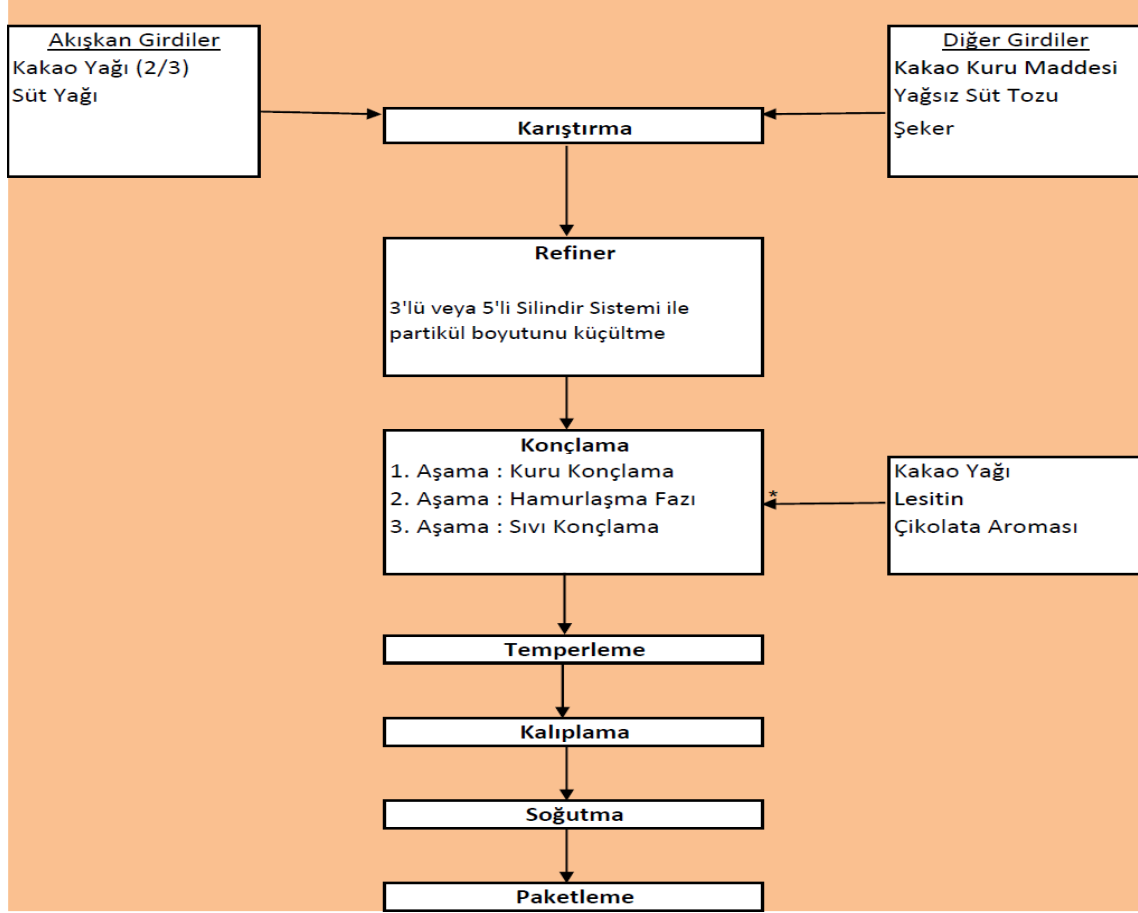
| Ürün | Karbonhidrat Miktarı (%) | Yağ Miktarı (%) | Protein Miktarı (%) |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Bitter Çikolata | 63.5 | 28.0 | 5.0 |
| Sütlü Çikolata | 56.9 | 30.7 | 7.7 |
| Beyaz Çikolata | 58.3 | 30.9 | 8.0 |

Politik sebeplerden ötürü batı Avrupa'da çikolata üretimi sırasında bitkisel yağ kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Avrupa'daki bir komite tarafından Avrupa Birliği Çikolata Yönetmeliği yayımlanmıştır. Çikolata ile ilgili en son isim, tanımlama ve karakteristik özellikleri 2000 yılında yayımlanmıştır (Anonim 2000).

Çikolata üretim süreci genellikle aynı özellikleri taşımaktadır. Çikolata üretim süreci şekil 2.4'de gösterilmektedir. Çikolata üretim süreci şu aşamalardan oluşmaktadır (Afoakwa 2010).

1. Karıştırma
2. Rafinasyon
3. Konçlama
4. Temperleme
5. Şekil verme

Modern şekerlemede, son üründe istenen yumuşak tekstürel yapının elde edilmesi ve duyusal değerlendirmede kumsu yapının eliminasyonu aranmaktadır (Afoakwa 2010).



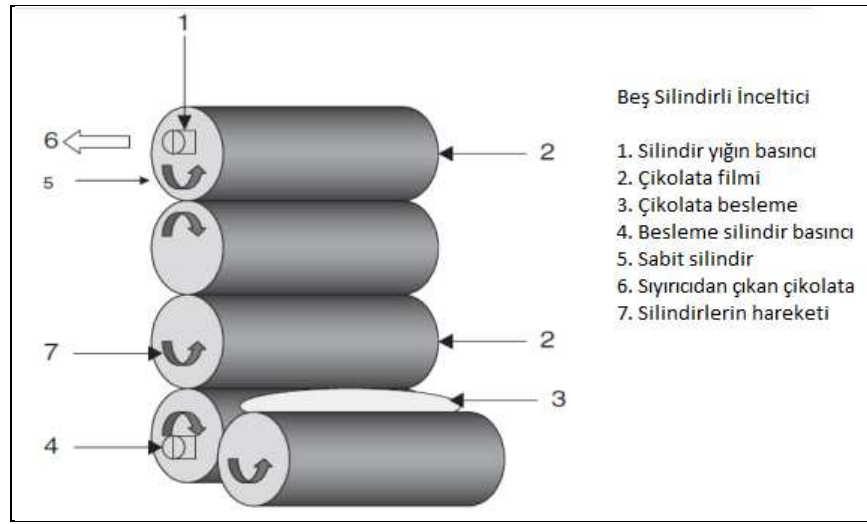
Şekil 2.4 Çikolata üretimi proses basamakları (Afoakwa 2010)

2.2.1 Karıştırma

Karıştırma işlemi çikolata içerisindeki ingredientlerin zaman-sıcaklık kombinasyonu kullanılarak sabit bir yoğunluğa gelmesini sağlamaktadır. Bir çikolata karışımı içerisinde (ürün kategorisine bağlı olarak) kakao likörü, şeker, kakao yağı, süt yağı ve süt tozu bulunmaktadır. Bu bileşenler 12-15 dakika 40–50 °C’de karıştırılmaktadır. Nestle ve Cadbury gibi büyük çikolata üreticileri karıştırma işlemi için otomatik yoğurma makineleri kullanmaktadırlar (Minifie 1989).

2.2.2 İnceltme (Refiner)

İnceltme işlemi, çikolatada istenen pürüzsüz yapının oluşması için önem taşımaktadır. Şeker, kakao likörü, yağ (yaklaşık % 8-24) ve çikolatanın tipine bağlı olmak üzere süt tozu karışımı ikili ve beşli silindirler kullanılarak inceltilmekte ve partikül büyüklüğünün 30 µm'nin altına düşürülmesi sağlanmaktadır. Son ürünün partikül büyüklüğü reolojik yapıyı ve duyu özellikleri etkilemektedir. Beşli silindir sistemi dikey sıralanmış dört adet boş silindirden oluşmaktadır (Şekil 2.5) (Awua 2002).

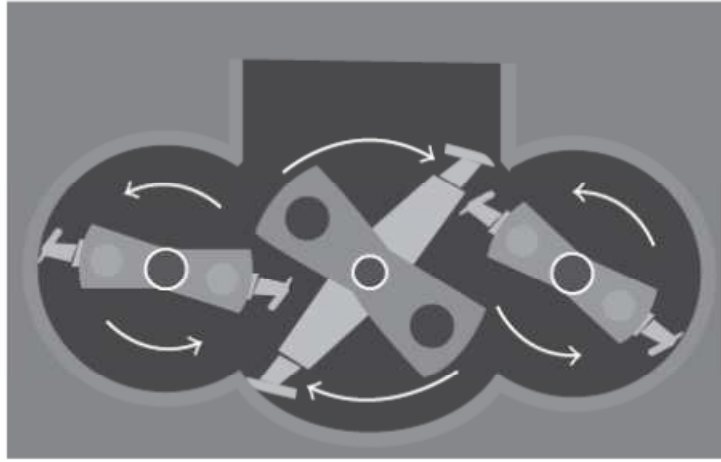


Şekil 2.5 Beş silindirli inceltme sistemi (Awua 2002)

2.2.3 Konçlama

Konçlama işlemi çikolata üretiminde son aşamayı oluşturmaktadır. Bu prosesin önemi çikolatanın viskozitesini, tekstürünü ve flavorunu oluşturmasından ileri gelmektedir. Konçlama, çikolatanın birkaç saat süre ile 50 °C'de karıştırılması işlemi ifade etmektedir (Beckett 2000). Önceki aşamalarda nem miktarı, asetik asit gibi istenmeyen bileşenlerin uzaklaştırılması ile azaltılmakta ve dispers faz ile sabit faz arasındaki interaksyonu artırılmaktadır. Aynı zamanda nem ve uçucu asitlerin uzaklaştırılmasıyla flavorun geliştirilmesi ve karamelize bir yapının oluşması sağlanmaktadır. Ayrıca bu prosesle viskozitenin azaltılması, partikül boyutunun küçültülmesi ve iri partiküllerin uzaklaştırılması da amaçlanmaktadır (Minifie 1989).

Konçlama işlemi için kullanılan Frisse konçlama sistemi Şekil 2.6' da gösterilmektedir. Frisse konçlama çikolata endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir sistem olarak bilinmektedir. Konçlama makinesi geniş bir tank ve üç adet güçlü karıştırma bıçağından oluşmaktadır. Konçlama süresi ve sıcaklıkları, sütlü çikolata için 49–52 °C'de 10-16 dk, süt tozu ile üretilen çikolata için 60 °C'de 16-24 saat ve bitter çikolata için 70 °C'den 82 °C' ye kadar çıkmaktadır. Konçlama işleminin sonuna doğru, çikolata için uygun viskozite değerinin sağlanması amacıyla kakao yağı veya lesitin ilave edilebilmektedir (Whitefield 2005).



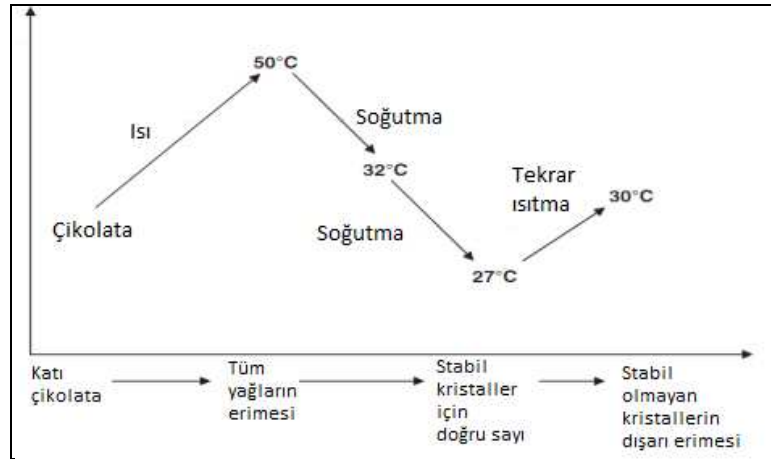
Şekil 2.6 Frisse konçlama sistemi iç mekanizması (Whitefield 2005)

2.2.4 Temperleme

Kakao yağının 6 polimorfik yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Bu yapıların başlıcaları α , β ve β' dir (Awua 2002). β V formu, iyi temperlenmiş çikolatada parlak görünüm vermek, istenen kırılma ve yapıyı sağlamak ve yağ çiçeği direncini arttırmak için en çok istenen form olarak değerlendirilmektedir (Beckett 2000). Eğer çikolata iyi temperlenmemiş ise β VI formu oluşmaktadır ki bu form hızla β V formuna dönüşmektedir. Bu form, rengi etkilemekte düzensiz kristal gelişimi ile karışık renk yansımalarına neden olmaktadır (Hartel 2001). Temperlenmemiş çikolata yumuşak olduğundan etkili olarak kalıplanamamaktadır. Kakao yağında V. ve VI. formlar en stabil formlar olarak bilinmektedir. Uzun süre depolanmış temperlenmiş çikolatada yağ çiçeği ile form kazanmasına rağmen form VI'yı meydana getirmek zordur. Bununla beraber Form VI'nın yüksek erime sıcaklığına (36 °C) ve kristal boyutu büyük, ağızda

hissedilebilir kumsu bir yapıya sahip olduğu belirtilmektedir. Form I değişken formdur, erime noktası 17 °C'dir ve hızlı bir şekilde Form II'ye dönüşmektedir, Form II ise yavaşça Form III'e ve Form IV'e dönüşmektedir. Görünüş ve istenmeyen yağ çiçeği formasyon oranı polimorfik formların nisbi stabilitesi ve sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Çikolata için kabul edilebilir polimorfik form büyük önem taşımaktadır ve çikolatanın renk, sertlik, işleme, son mamül ve raf ömrü karektersitiklerini etkilemektedir (Talbot 1999).

Temperleme, kristal formdaki az miktardaki trigliseridin ön kristalizasyon aşamasını kapsamaktadır. Kristallerin % 1-3'ü yağın doğru formu kazanması için çekirdek formu kazanmaktadır. Temperlemede anahtar aşamalar erimenin tamamlanması (50 °C), kristalizasyon noktasına soğutma (32 °C), kristalizasyon (27 °C) ve stabil olmayan kristallerin stabil forma dönüşümü (29-31 °C) aşamalarını içermektedir (Şekil 2.7) (Talbot 1999) .



Şekil 2.7 Çikolatanın yağ kristalizasyonunda temperleme süreci (Talbot 1999)

Buhler 'Masterseeder' Windhab (ETH Zürih, İsviçre) ve Mehrle (BuhlerAG, Uzvil, İsviçre) tarafından temperlemede, yüksek tohum kristalleri kesme oranının yağ kristalleri çekirdeklenme kinetiğine olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir ve polimorfik dönüşümün (α — β — β') yüksek kesme akış alanı içinde kesme gücü tarafından hızlandırıldığı ve tüm üretilen ürünlerin kalitesinin iyileştirerek yağ çiçeği oluşumunu (fat bloom) azalttığı gözlenmiştir. Temperleme boyunca sıcaklık tam olarak kontrol edilmiş ve çalkalama ile çekirdek oluşum hızının artması sağlanmıştır. Viskozitenin

yükselmesi ile 3. aşamada çikolata tekrar ısıtılmış ve katılaşmanın hızlanmasına engel olunmuştur. 4. aşamada ise çikolata olgunlaşmıştır (Windhab vd. 2002).

Temperleme süreci, hammaddelerden, kullanılan ekipmanlardan ve amaçlanan son ürün kalitesinden etkilenmektedir. Temperleme makinesi kullanılmadan önce çikolataya elle temperleme işleminin uygulanmakta olduğu bilinmektedir. Bu yöntem, el yapımı çikolata üreten bazı firmalar tarafından hala tercih edilmektedir. Günümüzdeki temperleme makineleri (Şekil 2.8) ise çok aşamalı ısı değiştirici sistemlerden oluşmaktadır, çikolata bunların içinden farklı oranlarda geçmekte ve bu nedenle optimum şartları tanımlamak zorlaşmaktadır. Zaman ve sıcaklık kombinasyonunun sürekli temperleme sistemlerinde prosesin belirlenmesi açısından oldukça önemli olduğu ifade edilmektedir. Erimiş çikolata 45 °C'de tutulmakta ve ardından yavaşça soğutularak ilk kristal oluşumu sağlanmaktadır (Talbot 1999).



Şekil 2.8 Temperleme makinası

Çikolata aynı zamanda 150 bar gibi yüksek basınç altında sıkıştırılarak da temperlenebilmektedir. Böylece çikolatanın erime noktası yükseltilmekte ve bütün polimorfik formların katı kristalleri sağlamlaşmaktadır. Basınç kaldırıldığında ise düşük polimorfik formlar eriyerek temperlenmiş çikolatadan ayrılmaktadır. İyi temperlenmiş çikolata aşağıdaki özelliklere sahip olmaktadır (Yaseda ve Mochizuki 1992).

- İyi görünüş ve renk
- Parlaklık

- Kalıpta büzülme
- Stabil ağırlık kontrolü
- Stabil ürün
- Sertlik ve yüksek ısıl direnç (paketleme süresince azalmış parmak izi)
- Uzun raf ömrü

Süt yağı moleküllerinin kristal formasyonu üzerine etkisinden dolayı sütlü çikolatada temperleme prosesi siyah çikolataya göre farklılık göstermektedir. Sütlü çikolatanın tereyağı içermesi ötektik etkiye (azami erime kabiliyeti) neden olmaktadır ve bu özelliği ile yağ çiçeklenmesi formasyonuna engel olmaktadır. Düşük erime noktası özelliğine bağlı olarak yumuşak tekstürel yapı oluşmakta ve kristal oluşumu daha düşük sıcaklıklarda (29.4 °C civarında) gerçekleşmektedir (Talbot 1999).

2.3 Çikolatanın Beslenme Açısından Önemi ve Özellikleri

Kakao likörünün bileşenleri % 54 kakao yağı, % 11.5 protein, % 9.5 organik asitler, % 9 selüloz, % 6 polifenoller, % 5 su, % 2.6 mineral tuzlar, % 1.2 teobromin, % 1.0 şeker ve % 0.2 kafein şeklindedir (Neilsen 1995). Çikolata firmalarının kendilerine has reçetelerine bağlı olarak kakao likörü sütlü çikolatada % 7-15 arasında ve bitter çikolatada % 30-70 arasında değişmektedir. İngiltere’de, sütlü çikolatada temel bileşenlerin kompozisyonu; % 56.9 karbonhidrat (toplam enerjinin % 42’si), % 30.7 yağ (toplam enerjinin % 55’i), ve % 7.7 protein (toplam enerjinin % 6’sı). Bitter çikolatanın bileşenleri; % 63.5 karbonhidrat (toplam enerjinin % 48’i), % 28.0 yağ (toplam enerjinin % 48’i), % 5.0 protein (toplam enerjinin % 4’ü). Beyaz çikolatanın bileşenleri; % 58.3 karbonhidrat (toplam enerjinin % 42’si), % 30.9 yağ (toplam enerjinin % 52’ si), % 8.0 protein (toplam enerjinin % 6’sı) (Chan vd. 1994).

2.3.1 Mineraller

Kakao ve çikolata birçok gıda maddesine oranla zengin mineral içeriğine sahiptir. Kakao, hemen hemen bütün bitkilerden daha fazla miktarda demir içermektedir (10.5 mg/100 g). Aynı zamanda yapılan araştırmalarda kakaoda bulunan çoğu mineral maddenin vücut tarafından kullanılabilir olduğu ortaya konmaktadır (Brown vd. 1990).

Kakao bitkisinin mineral içeriği yetiştirildiği çevre koşullarından etkilenmektedir. Bu nedenle, yetiştirildiği çevre koşullarına bağlı olarak ağır metal içeriği yüksek olabilmektedir. Prugarova ve Kovac tarafından 1987 yılında yapılan bir araştırmada kakao içerisindeki kurşun ve kadmiyum miktarlarının değişken ancak kabul edilebilir düzeyde olduğunu ortaya koymuşlardır (Brown vd. 1990).

2.3.2 Polifenoller

Polifenoller (antioksidan özelliğe sahip bir bileşen sınıfı) doğal olarak birçok meyve ve sebze de bulunmaktadır. Kakao içerisindeki toplam polifenol miktarı tohumun kuru ağırlığının % 6-8'i kadardır. Fermentasyondan sonra yaklaşık olarak polifenollerin % 20'si kalmaktadır (Hammerstone vd. 1999).

Son 50 yıl içerisinde kakaonun zengin bir polifenol kaynağı olduğu ortaya konmuştur. Hammerstone vd.(1999) tarafından gerçekleştirilen araştırmalara göre sütlü çikolatanın polifenol içeriği kırmızı şarap ile yeşil ve siyah çayın polifenol içeriğinden daha yüksek bulunmuştur. Kakaodaki polifenol miktarı domatesten 20 kat, sarımsaktan iki kat ve üzümde üç kat daha fazla bulunmuştur. Ayrıca bitter çikolatanın beyaz çikolataya göre polifenol içeriğinin iki kat daha fazla olduğu belirtilmektedir (Hammerstone vd. 1999).

Son yıllarda yapılan araştırmalarda toplam antioksidan kapasitesi üzerinde durulmaktadır. Polifenolik bileşiklerin farklı fraksiyonlarının biyolojik etkisini anlamak önem taşımaktadır. Prosiyanidinleri ayırt etmek ve tanımlamak için analitik metotlar geliştirilmiştir (Sanbongi vd. 1998). Prosiyanidin oligomerlerinin farklı fraksiyonları (dimerler, trimerler ve tetramerler gibi) farklı antioksidan potansiyele sahiptir. Bununla birlikte bu bileşenlerin absorbe edilip edilmediği ya da ne kadarının absorbe edildiği de önem taşımaktadır (Scalbert ve Williamson 2000).

2.3.3 Stearik asit

Kakao yağında baskın olarak bulunan yağ asitleri stearik asit ve oleik asittir. Stearik asit doymuş bir yağ asididir, karbon zinciri uzunluğu 18'dir ve diğer doymuş yağ asitlerine

oranla kandaki yağ seviyesini daha az etkilemektedir. Stearik asidin kan kolesterol seviyesine ne artırıcı ne de azaltıcı bir etkisi bulunmaktadır. Stearik asit bu özelliği nedeniyle nötr doymuş yağ asidi olarak tanımlanmıştır (Kritchevsky 1999).

2.3.4 Kafein ve diğer metilksantanlar

Polifenollere ilave olarak kakao tanelerinde metilksantan, teobromin, kafein ve teofilin gibi biyolojik bileşenler de bulunmaktadır. Gıdalarda genellikle baskın metilksantan kafein olmasına karşın kakao tanelerinde baskın metilksantan **teobromin**dir. Teofilin ise oldukça düşük seviyelerde bulunmaktadır (Apgar ve Tarka 1999).

Metilksantanların fizyolojik etkileri geniş kapsamda bilinmesine karşın mekanik özellikleri tam anlamıyla anlaşılmamıştır. Kafeinin beyin ve kas sistemi üzerinde güçlü etkisi olduğu bilinmektedir (Spiller 1998).

2.3.5 Antioksidan özelliği

Kakao tozu ve çikolata antioksidan etki göstermekte ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) oksidasyonunu dolaylı olarak inhibe etmektedir. Yapılan araştırmalarda yenilen tek bir top kakaonun veya çikolatanın plazmanın antioksidan kapasitesini artırdığını, plazmadaki 2-thiobarbituric asit-reaktif madde (TBARS) formasyonunu azatlığı ve insulinin duyarlılığı ile LDL oksidasyonunun inhibisyonunu artırdığı gösterilmektedir. Elde edilen son bulgulara göre kakao polifenollerinin uzun süre tüketimi sonucunda plazmanın antioksidan etkisinin arttığı ortaya konmaktadır (Afoakwa ve MPhil 2008).

Kakao flavanoidleri ile ilgili olarak çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Yapılan klinik öncesi, klinik ve in vitro çalışmalarda özellikle vasküler sistem, nitrik asit (NO) konsantrasyonu ve endotel fonksiyonları (koroner hastalık riskinin belirlenmesinde önemli biyomarker görevi yapmaktadırlar) üzerine etkileri araştırılmaktadır (Afoakwa ve MPhil 2008).

Yapılan in vitro çalışmalarda kakao prosiyanidinlerinin antioksidan etki gösterdiği ve bakır ve demiri tutarak LDL oksidasyonunu önlediği gösterilmektedir. Prosiyanidinler aynı zamanda cyclo-oksigenaz 1 ve 2'yi (COX-1 ve COX-2) ve lipoksigenazı da inhibe etmektedir. Kakao ve bitter çikolata serum lipitlerine de yarar sağlamaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalarda kakao ve bitter çikolata tüketiminin serumdaki HDL (yüksek yoğunluklu lipoproteinler) kolesterol seviyesini % 4 oranında artırdığı belirlenmiştir (Afoakwa ve MPhil 2008).

2.3.6 Endotel fonksiyonlar, kan basıncı ve kardiyovasküler sistem üzerine etkileri

Araştırmacılar son yıllarda özellikle endotel fonksiyonlar, kan basıncı ve kardiyovasküler fonksiyonlar üzerinde asıl etkiye sahip olan flavan-3-ols biyoaktif bileşenleri üzerinde durmaktadırlar. Bu çalışmaların çoğunda kakao ve çikolata tüketiminin endotel fonksiyonları geliştirerek, kan basıncını düşürerek ve insülinin duyarlılığını artırarak LDL kolesterol oksidasyonunu geciktirdiği belirtilmektedir. Geçen 15 yıl içerisinde yaşlı Alman erkekleri üzerinde yapılan epidemiyolojik bir araştırmada kakao veya çikolata tüketenlerin kan basıncının ciddi oranda daha düşük olduğu ortaya konmaktadır. Aynı zamanda en yüksek miktarda çikolata veya kakao tüketen grubun hiç tüketmeyenlere göre kardiyovasküler hastalıklardan ölüm oranlarının daha düşük olduğu belirtilmiştir (Afoakwa ve MPhil 2008).

2.4 Polidekstroz

Polidekstroz, glikoz moleküllerinin rastgele bağlanması ile oluşan düşük molekül ağırlıklı bir polisakkarittir. Glikoz ve sorbitolün gıda ile uyumlu az miktarda bir asit ile vakum altında polikondensasyonu ile hazırlanmaktadır (Flood vd. 2004). Polidekstroz suda çözülebilir özelliğe sahiptir. Gıdalarda sakaroz ve yağ ikamesi olarak kullanılmaktadır. Polidekstrozun asidik form (PD-A) ve nötralize edilmiş potasyum tuzu (PD-N) olmak üzere iki formu bulunmaktadır. İnce bağırsakta sindirilmemektedir ve mikrobiyel bozulmaya karşı dayanıklıdır (Burdock 1999).

Polidekstroz oldukça düşük kaloriye sahiptir (1 kcal/g). Vücuda alındığında kan şekerini artırmamaktadır ve diyabet hastaları tarafından tüketildiğinde insüline gereksinim

duyulmamaktadır. Bu nedenle diyabetiklere yönelik üretilen özel gıdalar için uygun bir bileşen olarak görülmektedir. Genellikle yüksek yoğunluklu tatlandırıcılar ile kombine edilmektedir (Cervera vd. 2012).

2.5 İnülin

İnülin, genellikle soğan, kuşkonmaz kökü, yer elması, enginar, buğday, muz, frenk soğanı, dulavratotu, sarımsak, bal, yulaf, çavdar, yabani hindiba bitkilerinden elde edilen bir oligosakkarittir. Tüm dünyada doğal bir gıda bileşeni olarak tanımlanmakta ve birçok Avrupa ülkesinde diyet lifi sınıfında yer almaktadır (Aragon vd. 2006). Kimyasal olarak inülin 22-60 arasında fruktoz molekülü ve en sonda bir glikoz molekülünden oluşan uzun bir zincirden oluşmaktadır. Fruktoz molekülleri β -(2-1) bağları ile bağlanmıştır. Son fruktoz ile glikoz molekülü ise sukrozda olduğu gibi α -(1-2) bağı ile bağlanmıştır. İnülinin ortalama molekül ağırlığı ve polimerizasyon derecesi elde edildiği kaynağa, hasat zamanına ve üretim prosesine bağlı olarak değişmektedir (Kim vd. 2001).

Ticari inülinin elde edilmesinde genellikle yabani hindiba otu kullanılmaktadır. İlk üretimi 1990'lı yılların başlarında Belçika ve Hollanda da başlamış ve her geçen yıl artmıştır. Sindirilemeyen bu karbonhidrat bugün meyve suları, tahıllar, yağı azaltılmış krema, dondurma ve şekerleme ürünleri gibi birçok üründe bulunmaktadır (Aragon vd. 2006).

İnülinin gıda endüstrisindeki yaygın kullanılmasının amacı besinsel ve teknolojik özelliklerinden ileri gelmektedir. Bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada inülinin fekal mikrobiyal flora bileşiminde önemli değişikliklere neden olduğu ve prebiyotik özellik gösterdiği ortaya konulmuştur. İnülinin diğer fiziksel ve besinsel etkileri ise kalsiyum absorpsiyonunu ve yağ metabolizmasını düzenlemesi ve kolon prekanseröz lezyon riskinin azaltılmasında rol oynamasıdır (Aragon vd. 2006).

2.6 Fonksiyonel ikolata

Çikolata; kendine özgü tadı, aroması ve yapısı olan aynı zamanda da bünyesinde polifenoller gibi biyoaktif bileşikleri içeren bir üründür. ikolatanın içermiş olduğu polifenoller sayesinde insan sağlığı üzerinde özellikle de kardiyovasküler sistem üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu bilinmektedir. (Richelle vd. 2001, Schmitz 2001).

Diyabet ve obezite gibi metabolik işlev bozukluklarına sahip insanlar, yağ içeriği yüksek ve sakaroz gibi kolaylıkla glikoza hidrolize olabilen şekerleri içeren gıda maddelerini tüketmemelidirler. Günümüzde tüketiciler, beslenmelerinde sağlık açısından daha faydalı olduğu bilinen yağ oranı azaltılmış ve kalori değeri ayarlanmış besin öğelerine yer vermektedirler (Nebesny vd. 2005).

Çikolata, yağ ve şeker (sakaroz) oranı yüksek bir gıda olarak bilinmekle birlikte kalori değeri yağ konsantrasyonunun azaltılması gibi yöntemler ile düşürülebilmektedir. Ancak, yağ oranının çok azaltılması (% 27'nin altına indirilmesi) ikolatanın kendine özgü pürüzsüz yapısını bozmakta ve ağızda erime özelliğini dahi olumsuz yönde etkilemekte ve geciktirmektedir. ikolatanın kalori değeri azaltmaya yönelik bir diğer çözüm yolu ise bünyesinde bulunan sakarozun uygun bir ajan ve tatlandırıcı ile yer değiştirilmesi olarak görülmektedir. Burada sakarozun yerini alacak kitle poliollerdir. Bu değişim çikolatanın duyuşal özelliklerini azami ölçüde koruyacak şekilde yapılmalıdır. Örneğin, izomalt bu görevi üstlenmektedir (Edwards 1997, Pszczola 2002). Izomalt, sakarozdan daha az kaloriye sahip olmasının yanında polioller içerisinde tadı da en iyi olan üründür. Bu özelliklerinin yanında izomalt diş çürümelerini engelleyen bir özelliğe sahiptir ve kandaki insülin ve glikoz seviyesini de arttırmadığı için şeker hastaları tarafından da tüketilebilme özelliğine sahiptir (Irwin 1990).

Çikolata üretiminde şeker ikamesi olarak maltitol ve ksilitol gibi polioller de kullanılabilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta bu ürünlerin ağızda bıraktığı serinletici etkidir. Örneğin, maltitol ve izomalt böyle bir etkiye sahip değil iken, ksilitol serinletici etkiye sahiptir ve tüketiciler ksilitol içeren çikolatayı tercih etmeyebilmektedirler (Kato ve Moskowitz 2001, Olinger ve Pepper 2001, Wijers ve Strater 2001). Maltitol, düşük higroskopik özelliğe sahip olması nedeniyle aynı

koşullarda sakaroz ile yapılan çikolata üretimine nazaran saflaştırma işlemi daha kolay olmakta ve çikolatanın kendine özgü tat ve aromasını geliştirilmektedir (Olinger 1994, Sökmen ve Güneş 2006). Bu ürünler tam anlamıyla diş çürümesini önleyen çikolata (kakao) aromalı ve diş dostu olarak adlandırılan ürünlerdir. Bu ürünlerin diş dostu özellikleri canlılar üzerinde telemetrik testlerle ortaya konulmuştur. Siyah (dark) çikolatayı hariç tutmak üzere (ki bu çikolata süt içermez), bu ürünler çikolata olarak da tanımlanamazlar, çünkü standart olarak yerine getirilmesi gereken kriterleri sağlamamaktadırlar.

Bu reçetelerin geliştirilmesi oldukça zor gözükmektedir. Bunun nedeni, bu şekliyle arzu edilen iyi bir flavorun elde edilmesinin son derece zor olmasıdır. Buradaki problem sadece karamelizasyon reaksiyonlarının gerçekleşmesini sağlayan sakaroz eksikliği değil, aynı zamanda standart bir çikolata üretiminin konçlama (conching) aşamasında gelişen Maillard reaksiyonlarının oluşumunu sağlayan laktoz gibi indirgen şekerlerin eksikliğidir. Şekerleme üreticileri bu durumu genelde flavor reaksiyonu ilavesiyle destekleyerek ortadan kaldırma ya da minimize etme yoluna gitmektedirler. Bu amaçla karamelize süt tozu yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sakarozun poliollerle ikamesi kalori azalması ile sonuçlanmaktadır. Sakarozun azalması ile ortaya çıkan kalori azalması Avrupa Standartlarına göre % 12'dir (Avrupa direktiflerinde poliollerin kalori değeri 2.4 kcal/g olarak alınmaktadır). Kalori azalmasının % 30'a çıkarılmak istenmesi durumunda düşük oranda sindirilebilme kabiliyetine sahip karbonhidratlar, örneğin inülin (oligofruktoz) ve polidekstroz kullanılmaktadır. Düşük sindirilme özelliğine sahip bu karbonhidratların kabul edilen kalori değerleri 1.0 kcal/g'dır ve kalori değerinin daha çok azaltılabilmesine imkan vermektedirler. Ancak burada ürünün duyuşal özellikleri dikkate alındığında uygun bir reçetenin % 50 poliöl ve % 50 polidekstroz ile sağlanabileceği belirtilmektedir (Albert vd. 2001). Poliollerin polidekstroz veya inülin gibi karbonhidratlarla karışım halinde kullanılması oluşabilecek gastrointestinal rahatsızlıkların oluşma riskini de minimize etmektedir. İnülin ve polidekstroz'un kullanılması bütün şeker içermeyen ürünler için tavsiye edilmektedir (Albert vd. 2001).

Japonya'da yapılan bir araştırmaya göre de, şeker yerine ikame edilen polidekstroz ve laktitol'n insanlarda serum, insülin ve trgliserid düzeyleri üzerinde olumlu etkisi olduğu gösterilmiştir. Araştırmaya göre kontrol örnekleri ve şekersiz okolatalar deneklere tkettirilmiş ve kan bileşenlerindeki değişim incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre şekersiz okolataların etkileri kontrol örneklerine göre minimum düzeyde kalmıştır. şekersiz okolatanın vücutta yağ depolanması üzerinde çok daha az etkisi olarak tespit edilmiştir (Shimomura vd. 2005).

2.7 Kaynak zetleri

Farzanmehr ve Abbasi tarafından yapılan bir çalışmada (2009) prebiyotik özelliğe sahip şekeri azaltılmış sütlü okolata üretimi değerlendirilmiştir. Sukraloz ile birlikte (% 0.04 w/w) eşitli oranlarda inülin polidekstroz ve maltodekstrin şeker ikamesi olarak kullanılmıştır. Fizikokimyasal, mekaniksel ve duyuusal özelliklerin optimum oranlarını belirlemek amacıyla 15 adet formülasyon incelenmiştir. Genellikle yüksek oranda polidekstroz ve maltodekstrin içeren formülasyonların kontrol örneklerine kıyasla daha nemli ve daha yumuşak olduğu belirlenmiştir. En düşük nem içeriği ve en yüksek sertlik değeri orta derecedeki formulasyonlarda gözlenmiştir. İlave olarak, maltodekstrin en az istenen duyuusal etkiyi gösterirken polidekstroz ve inülin kabul edilebilirliği belirgin şekilde geliştirmiştir. İnülin, polidekstroz ve maltodekstrin için optimum kabul edilebilir oranlar sırasıyla % 14–32 ve % 71–84, % 7–26 ve % 67–77, ve % 0–20 şeker ikamesi olarak belirlenmiştir. Ayrıca alışma bulguları arasında yağ oranının % 5 oranında azaldığı da yer almaktadır.

Sökmen ve Güneş (2006) tarafından bazı tatlandırıcıların okolatanın reolojik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Kalorisi azaltılmış okolata üretmek amacıyla sukroz yerine bazı alternatif şeker ikameleri kullanılmıştır. Farklı tatlandırıcıların (maltitol, isomalt ve ksilitol) ve farklı partikül boyutlarının (106-53, 53-38 ve 38-20 μm) okolatanın reolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Maltitol içeren okolata örneklerinin sukroz içeren okolatanın reolojik özelliklerine en yakın olduğu ve maltitoln iyi bir alternatif olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, partikül boyutu arttıkça viskozitenin ve yield stres değerinin arttığı da grlmştir. Çalışma sonunda, şeker ikamesi ile birlikte yüksek partikül boyutunun okolatanın reolojik özelliklerini

geliştirdiği ancak iyi bir duyuşal özellik elde etmek için ise partikül boyutunun yeterli miktarda küçük olması gerektiği belirtilmiştir.

Golob vd. tarafından (2004) inülinin, çikolatanın duyuşal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Şeker yerine inülin ve fruktoz içeren üç farklı çikolata çeşidi (sütlü, fındıklı ve pirinçli) standart çikolata ile karşılaştırılmıştır. Sekiz diyabet hastası ve elli iki sağlıklı kişi tarafından yapılan değerlendirme sonuçları inülin içeren çikolatanın kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. 7-noktalı hedonik skala testi kullanılarak yapılan değerlendirme yaşları 11-13 arasında değişen 65 çocuk arasında yapılmış ve değerlendirme sonucunda standart çikolatanın daha fazla beğenildiği belirlenmiştir. Daha sonra standart çikolata ile inülin içeren çikolata arasında duyuşal anlamda bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla, ikili-üçlü test, üçgenel test ve çiftli karşılaştırma testi olmak üzere üç farklı test daha yapılmıştır. Test sonuçları iki çikolata arasında duyuşal farklılığın olduğunu ortaya koymuştur. Son olarak, 7 eğitilmiş panelist tarafından sekiz farklı duyuşal özellik sayısal olarak değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonunda, söz konusu iki çikolata örneği arasında duyuşal özellik açısından farklılık olduğu kesinleştirilmiştir. Temel farklılıklar ise tatlılık ve eriyebilirlik özelliklerinde görülmüştür. Genellikle inülin içeren çikolatanın kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir.

Afoakwa vd. tarafından (2009) yapılan bir çalışmada, bitter çikolatanın kompozisyonu değiştirilmiş ve ışık mikroskopu kullanılarak mikro yapısının ve TA.HD plus tekstür analizör cihazı kullanılarak mekaniksel özelliklerinin nasıl etkilendiği belirlenmiştir. Kompozisyonel parametreler, partikül büyüklük dağılımı (18, 25, 35 ve 50 µm), yağ (% 25, % 30 ve % 35) ve lesitin (% 0.3 ve % 0.5) içeriğidir. % 25 yağ içeren örneklerin daha yüksek oranda yağ içeren örneklere göre (% 30 ve % 35) daha fazla kristal yapıya sahip olduğu, partiküller arası güçlü interaksyon ile daha fazla topaklanmaya sahip olduğu belirlenmiştir. Mekaniksel analizler sonucunda partikül büyüklük dağılımı, yağ ve lesitin içeriğinin erimiş çikolatanın akışkanlığını ve katı haldeki çikolatanın sertliğini önemli ölçüde etkilediği ortaya konulmuştur. Partikül boyutunun, akışkanlık (1235-173 g) ve sertlik (7062-5546 g) ile ters orantılı olduğu belirtilmiştir. Partikül boyutunun en iyi etkisi % 25 yağ ve % 0.3 lesitin miktarları ile ortaya çıkmakta, yağ ve lesitin miktarı arttıkça etkisinin azaldığı görülmüştür. Çalışma sonunda partikül boyutu, yağ ve lesitin

içeriğinin ve bu üç parametrenin interaksyonunun bitter çikolatanın mekaniksel özelliklerinin merkezini oluşturduğu belirtilmiştir.

Melo vd. tarafından (2008) şekeriz (sukraloz veya steviosid içeren) ve şekeriz/kalorisi azaltılmış (yağ ikamesi olarak peynir altı suyu proteini ile sukraloz veya steviosid içeren) sütlü çikolatanın duysal özellikleri ve kabul edilebilirliği depolama süresince (0, 3, 6 ve 9 ay) değerlendirilmiştir. Analizler sonucu elde edilen sayısal veriler depolama süresi boyunca duysal özelliklerinin değişmeğini göstermiştir. Bu sonuçlar kabul edilebilir veriler ile doğrulanmıştır. Görünüş, aroma, tat ve takstürel özelliklerde görülen değişimlerin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirtilmiştir. Bu çalışma sonunda sukraloz ve steviosit gibi yüksek yoğunluklu tatlandırıcılar ve yağ ikamesi olarak kullanılan peynir altı suyu proteini ile hazırlanan şekeriz ve kalorisi azaltılmış sütlü çikolatanın saklama süresinin standart çikolata ile aynı olduğu ortaya konulmuştur.

Aragon vd. tarafından 2006 yılında yapılan çalışmanın amacı prebiyotik ve probiyotik bileşen ilavesi ile çikolata elde etmek ve bu ürünün tüketici sağlığı üzerine yararlarının ve duysal özellikleri açısından kabul edilebilir olduğunu ortaya koymaktır. *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 82 tek başına veya inülin ile birlikte ilave edilerek probiyotik ve sinbiyotik çikolata kütlesi elde edilmiştir. İlave olarak kontrol örneği hazırlanmıştır. 51 °C sıcaklıkta 28 günlük depolama süresi boyunca *L. paracasei* popülasyonu ile kontaminantlar gözlenmiş ve ürünün duysal özellikleri test edilmiştir. Depolama testi, probiotik mikroorganizmanın yaşama gücünün 28 günden fazla olduğunu ancak gelişen maya ve küflerin ürünün raf ömrünü kısıtlayabileceğini göstermiştir. Çikolata kütlesi probiyotik özellik gösteren *Lactobacillus Paracasei* bakterisi için oldukça iyi bir gelişim alanı oluşturmakta ve inülinin de mikroorganizmanın yaşam gücüne engel olmadığı gözlenmiştir. İlave olarak probiotik mikroorganizma ve prebiyotik bileşen ilavesinin ürünün duysal özelliklerini etkilemediği belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Örnekler

Çikolata örneklerinin hazırlanmasında kakao yağı (Beşel Gıda A.Ş.), şeker (Konya Şeker), süt tozu (Enka, Beşel Gıda A.Ş.), kakao kitlesi (Altınmarka, Beşel Gıda A.Ş.), lesitin (Beşel Gıda A.Ş.), polyglycerol polyricinoleate (PGPR) (Çağdaş Kimya), vanilin (Beşel Gıda A.Ş.) ve aroma (Aromsa, Çağdaş Kimya) kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan bu bileşenler Tayaş Gıda'dan (Gebze) temin edilmiştir.

3.1.2 Reaktifler ve ekipmanlar

Araştırmada kullanılan reaktiflerden etil alkol (% 96), inülinaz enzimi Sigma-Aldrich (St Louis, MO, ABD)'den temin edilmiştir. Ultrasaf su (Millipore Direct-Q 3UV destile su cihazı) kullanılmıştır.

Ayrıca örnek hazırlama yöntemlerinin uygulanmasında reometre (Brookfield R/S Plus, ABD), tekstür analizör (TA XT PLUS, İngiltere), kromametre (Konica Minolta Model CR400 Co. Osaka, Japonya), Lazer difraksiyon partikül boyut analizörü (Model LA – 300, Japonya), kül fırını (Protherm Model PLF 120/5, Almanya), su banyosu (Jeotech BW-10B, Kore), etüv (Memmert VO 400, Almanya), su aktivitesi tayin cihazı (Novasina Lab Master aw, İsviçre) kullanılmıştır.

3.1.3 Standartlar

Araştırmada kullanılan ticari inülin (Benco GR, Ortalama polimerizasyon derecesi 12, Orafiti Belçika), ticari polidekstroz Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, ABD)'den temin edilmiş ve üretici tarafından tanımlanmış olan koşullara uygun olarak muhafaza edilmiştir.

3.2 Metod

3.2.1 Deneme planı

Araştırmada kullanılan kontrol örnekleri ve deneme örnekleri için iki farklı prebiyotik madde türü (inülin ve polidekstroz), üç farklı partikül büyüklüğü (20, 25 ve 28 µm) ve üç farklı konçlama süresi (3.5, 4.0 ve 4.5 saat) gibi değişkenler kullanılarak örnekler hazırlanmıştır (Çizelge 3.1).

Tüm deneme örnekleri ve kontrol örnekleri için bir kodlama sistemi oluşturulmuş olup, verilen kodlar ve bu kodlara ait örneklerin hazırlanması sırasında uygulanan değişkenler çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

3.2.2 Örnek hazırlama

Tüm örnekler, pilot tip ekipmanlarda hazırlanmıştır. Her bir örneğin hazırlanması için 10 kg’lık mikserler oluşturulmuştur. Örneklerin hazırlanması sırasında, örnek grupları bazında kullanılan formülasyonlar, endüstriyel çikolata üretiminde kullanılanlar dikkate alınarak belirlenmiş olup, Çizelge 3.2’de bu formülasyonlar yer almaktadır.

Öğütülmüş şeker, kakao yağı (% 20), süt tozu ve kakao kitlesi ön hazırlama mikserinde (YS/11 1000, Yasa, Türkiye) 20 dakika boyunca karıştırılmıştır. Süre sonunda karışımın istenen partikül boyutuna (20-25-28 mikron) gelmesini sağlamak amacıyla silindirik değirmende (WDLH, Lehman, Almanya) inceltme işlemine tabi tutulmuştur. Partikül boyutu kontrolünün ardından karışım üzerine kakao yağı (% 80), aroma, lesitin ve PGPR ilavesi yapılarak belirli sürelerde (3.5 - 4 – 4.5 saat) ve 55 °C sıcaklıkta konçlama işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlemin ardından belirli sıcaklıklarda (33-35 °C; 24-25 °C; 25-26 °C) çikolata karışımı 3 aşamalı temperleme makinesi (AMC SuperNova, Aasted, Danimarka) ile temperlenmiştir. Temper index değeri tempermetre (225, Tricor, İskoçya) ile ölçülmüş ve 5.5-6 değerine ulaşıncaya kadar temperleme işlemi sürdürülmüştür. Daha sonra 27-30 °C sıcaklıkta kalıplama ve vibrasyon (EC 401, Aasted, Danimarka) işlemi gerçekleştirilmiş ve 5 °C’de 20 dakika süre ile soğumaya

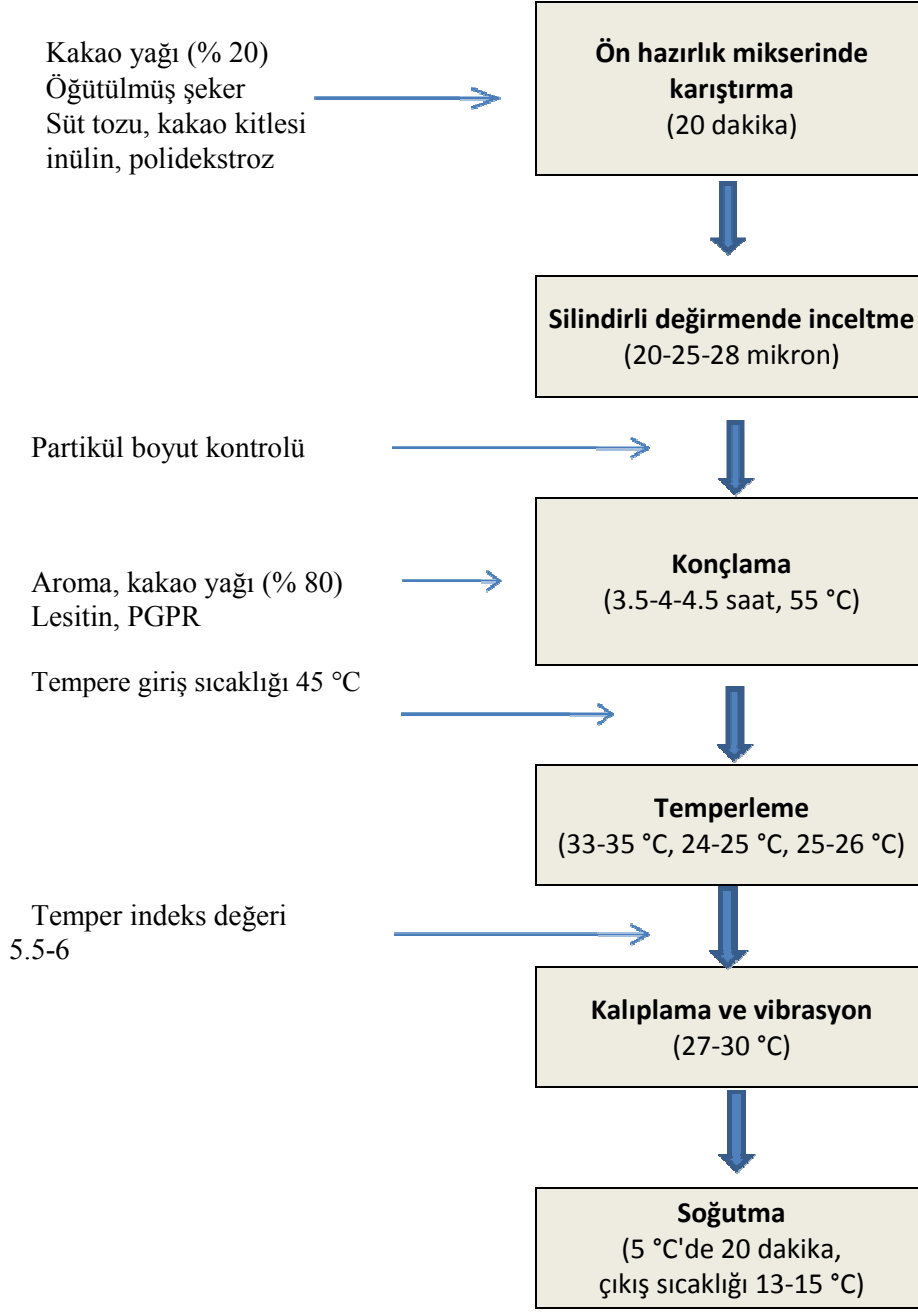
(LCT1, Aasted, Danimarka) bırakılmıştır (çıkış sıcaklığı 13-15 °C). Örnek hazırlamada uygulanan iş akış şeması şekil 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Çikolata örneklerine ait kodlar ve proses değişkenleri

| Partikül Büyüklüğü | Konçlama Süresi | Prebiyotik Bileşen | | | | | | |
|--------------------|-----------------|--------------------|------------|-------------|---------------|---------------|----------------|------------|
| | | % 6 İnülin | % 9 İnülin | % 12 İnülin | % 6 Pdekstroz | % 9 Pdekstroz | % 12 Pdekstroz | % 0 |
| (µm) | (Saat) | Örnek Kodu | | | Örnek Kodu | | | Örnek Kodu |
| 20 | 3.5 | IN1.1 | IN2.1 | IN3.1 | PD1.1 | PD2.1 | PD3.1 | K1 |
| | 4 | IN1.2 | IN2.2 | IN3.2 | PD1.2 | PD2.2 | PD3.2 | K2 |
| | 4.5 | IN1.3 | IN2.3 | IN3.3 | PD1.3 | PD2.3 | PD3.3 | K3 |
| 25 | 3.5 | IN1.4 | IN2.4 | IN3.4 | PD1.4 | PD2.4 | PD3.4 | K4 |
| | 4 | IN1.5 | IN2.5 | IN3.5 | PD1.5 | PD2.5 | PD3.5 | K5 |
| | 4.5 | IN1.6 | IN2.6 | IN3.6 | PD1.6 | PD2.6 | PD3.6 | K6 |
| 28 | 3.5 | IN1.7 | IN2.7 | IN3.7 | PD1.7 | PD2.7 | PD3.7 | K7 |
| | 4 | IN1.8 | IN2.8 | IN3.8 | PD1.8 | PD2.8 | PD3.8 | K8 |
| | 4.5 | IN1.9 | IN2.9 | IN3.9 | PD1.9 | PD2.9 | PD3.9 | K9 |

Çizelge 3.2 Çikolata örneklerinin hazırlanmasında kullanılan formülasyonlar

| Örnekler | Kristal Şeker Miktarı (%) | Kakao Yağı Miktarı (%) | Doğal Kakao Kitlesi Miktarı (%) | Tam Yağlı Süttozu Miktarı (%) | Soya Lesitini Miktarı (%) | PGPR Miktarı (%) | Vanilin Miktarı (%) | İnülin Miktarı (%) | Polidekstroz Miktarı (%) |
|----------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| K1 - K9 | 39.00 | 24.00 | 14.00 | 22.45 | 0.30 | 0.22 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |
| IN1.1 - IN 1.9 | 35.00 | 24.00 | 13.00 | 21.45 | 0.30 | 0.22 | 0.03 | 6.00 | 0.00 |
| IN2.1 - IN 2.9 | 34.00 | 24.00 | 12.45 | 20.00 | 0.30 | 0.22 | 0.03 | 9.00 | 0.00 |
| IN3.1 - IN 3.9 | 32.22 | 24.00 | 12.45 | 19.00 | 0.30 | 0.22 | 0.03 | 12.00 | 0.00 |
| PD1.1 - PD1.9 | 35.00 | 24.00 | 13,00 | 21.45 | 0.30 | 0.22 | 0.03 | 0.00 | 6.00 |
| PD2.1 - PD2.9 | 34.00 | 24.00 | 12.45 | 20.00 | 0.30 | 0.22 | 0.03 | 0.00 | 9.00 |
| PD3.1 - PD3.9 | 32.22 | 24.00 | 12.45 | 19.00 | 0.30 | 0.22 | 0.03 | 0.00 | 12.00 |



Şekil 3.1 Örnek hazırlama akış şeması

3.2.3 Analizler

3.2.3.1 Çikolata rneklerinin duyusal yönden değerlendirilmesi

Duyusal değerlendirme, Tayaş Gıda (Kocaeli) bünyesinde bulunan duysal analiz laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çikolata rneklerinin duyusal değerlendirmesinde Farzanmehr ve Abbasi (2009) tarafından kullanılan metod modifikasyona uğratılarak kullanılmıştır. Örneklerin duyusal özellikleri asitlik, acılık, tatlılık, yağlılık durumu, kakao tadı, partikül büyüklüğü, ağızda erime, pürüzsüzlük, parlaklık, ağızda kalan son tad, ilk ısırım ve renk parametreleri eşit koşullara sahip yarı kapalı bölmelerde çok rneklı fark testi (5 noktalı puanlama –rating- skalası; 1=Kabul edilemez, 2= Vasat, 3= İyi, 4= ok İyi, 5= Mükemmel) kullanılarak eğitilmiş 10 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Örnekler, rastgele seçilmiş  basamaklı sayılar ile kodlanarak sunulmuş ve değerlendirmeler arasında ağızlarını alkamaları için içme suyu verilmiştir.

Duyusal değerlendirme yedi ayrı örnek grubu üzerinden 2 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada yedi ayrı grup arasında en yüksek duyusal değerlendirme skoruna sahip örnekler belirlenmiştir. İkinci aşamada ise, tüm grupların en yüksek skorları arasından, kontrol örneklerinden oluşturulan grubun en yüksek skoruna sahip olan örneğe ait değere en yakın olan belirlenmeye çalışılmıştır. Örneklerin gruplandırması izelge 3.3' de verilmiştir. Duyusal değerlendirmede kullanılan form ise Şekil 3.2' de verilmiştir.



Şekil 3.3 Tayaş gıda bünyesinde yer alan duyuşal analiz laboratuvarı

Çizelge 3.3 Duyuşal değerlendirme - örneğ grupları

| 1. Grup | 2. Grup | 3. Grup | 4. Grup | 5. Grup | 6. Grup | 7. Grup |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| K1 | IN1.1 | IN2.1 | IN3.1 | PD1.1 | PD2.1 | PD3.1 |
| K2 | IN1.2 | IN2.2 | IN3.2 | PD1.2 | PD2.2 | PD3.2 |
| K3 | IN1.3 | IN2.3 | IN3.3 | PD1.3 | PD2.3 | PD3.3 |
| K4 | IN1.4 | IN2.4 | IN3.4 | PD1.4 | PD2.4 | PD3.4 |
| K5 | IN1.5 | IN2.5 | IN3.5 | PD1.5 | PD2.5 | PD3.5 |
| K6 | IN1.6 | IN2.6 | IN3.6 | PD1.6 | PD2.6 | PD3.6 |
| K7 | IN1.7 | IN2.7 | IN3.7 | PD1.7 | PD2.7 | PD3.7 |
| K8 | IN1.8 | IN2.8 | IN3.8 | PD1.8 | PD2.8 | PD3.8 |
| K9 | IN1.9 | IN2.9 | IN3.9 | PD1.9 | PD2.9 | PD3.9 |

3.2.3.2 Fiziksel ve kimyasal analizler

3.2.3.2.1 Shear stress ve shear rate

Çikolata örneklerinin reolojik özellikleri reometre (Brookfield R/S Plus, ABD) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm sırasında erimiş haldeki çikolata örnekleri kullanılmıştır. Shear stress değeri 40 °C sıcaklıkta 120 saniyede 5 s⁻¹'den başlayarak 60 s⁻¹ 'e artan (ramp up) daha sonra 60 s⁻¹'den 5 s⁻¹'e azalan (ramp down) shear rate değerinden elde edilmiştir. Bu ölçüm, örneklerdeki cıvıma (tikotropi) elimine edilene kadar ardarda 30 kez tekrarlanmıştır. Ölçümlerden elde edilen değerler ile Casson, Sisko ve Straight Line modellemeleri kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Casson modellemesi (yield stres ve viskozite rakamları için yaygın olarak kullanılan reolojik model) ile yield stres ve viskozite, sisko (kayma hızının en yüksek olduğu bölgelerde sıvıların akış davranışını tanımlamak için kullanılan reolojik model) ile yoğunluk ve hız indeksi değerleri, straight line modellemesi ile de regrasyon değeri elde edilmiştir (Sökmen ve Güneş 2006).

Casson eşitliği:

$$\text{Shear Stress} = [(\text{Yield})^{0.5} + (\text{Viskozite})^{0.5} \times (\text{Shear Rate})^{0.5}]^2$$

Sisko eşitliği:

$$\text{Viskozite} = \text{sonsuz shear viskozite} + k \times \text{shear rate}^{(n-1)}$$

Straight Line eşitliği:

$$(a = \text{intercept}, b = \text{slope})$$

$$Y = a + b \times X$$

3.2.3.2.2 Sertlik analizi

Çalışmada sertlik (penetrasyon) analizi için tekstür analizör (TA XT PLUS, İngiltere) kullanılmıştır (Şekil 3.4). Sökmen ve Güneş (2006) tarafından yapılan araştırmada uygulanan yöntem bazı modifikasyonlara uğratarak uygulanmıştır. Örnek yüzeyini

temsil edecek büyüklükte, pürüzsüz ve aynı ebatlarda örnekler alınmıştır. Ölçüm yapılan her örneğin sıcaklığı 25 °C'dir. Ölçümde 2 mm silindir prob (P/2) kullanılmıştır. Analizler üç tekerrürlü yapılmıştır. Uygulanan yöntem koşulları çizelge 3.4' de yer almaktadır.



Şekil 3.4 Tekstür analizörü (TA XT PLUS, İngiltere)

Çizelge 3.4 Teksür analizörü çalışma koşulları

| Metod Koşulu | Değer |
|---------------------|-------------------|
| Test Modu | Sıkıştırma |
| Ön Test Hızı | 1,00 mm/sn |
| Test Hızı | 1,00 mm/sn |
| Post Test Hızı | 10,00 mm/sn |
| Hedef Modu | Uzaklık |
| Uzaklık | 6 mm |
| Tetik Tipi | Auto Force |
| Tetik Gücü | 5,0 g |
| Kırma Modu | Kapalı |
| Dara Modu | Otomatik |
| İleri seçenekler | Açık |
| Kontrol Fırını | Devredışı |

3.2.3.2.3 Renk (Parlaklık)

Renk ölçümünde kullanılan kromametre (Model CR400 Konica Minolta Co. Osaka, Japonya), beyaz seramik referans standart kullanılarak kalibre edilmiştir. CIELAB sistemi: L*, parlaklık oranı 0'dan (siyah) – 100'e (beyaz); a*, (yeşilden kırmızıya) ve b* (maviden sarıya) değerleri ise -120'den +120'ye kadar değişmektedir. Her örnek 5 paralel olacak şekilde ölçülmüştür (Afoakwa 2010).

3.2.3.2.4 Partikül büyüklük dağılımı

Çalışmada lazer difraksiyon partikül boyut analizörü (Model LA – 300, Japonya) kullanılmıştır (Şekil 3.5). Bitkisel yağ, hazne içerisine çizgisine kadar doldurulmuş ve analiz edilecek örnek yağın içine konularak dispers edilmiştir (kırılma indeksi 1.450). Ortam sıcaklığı 20 ± 2 °C'dir. Tüm partiküllerin birbirini etkilemeden dağılmasını sağlamak amacıyla örnek ultrasonik dispersiyon altında 2 dakika süre ile bekletilmiş, ardından ölçüm boyunca karıştırma işlemi uygulanmıştır. Partikül Büyüklüğü Dağılımı (PBD) parametreleri spesifik yüzey alanından elde edilmektedir, en geniş partikül büyüklüğü (D90), ortalama partikül çapı (D50), en küçük partikül büyüklüğü (D10) ve dağılan ortalama çap (D[3,2])'dir (Afoakwa 2010).



Şekil 3.5 Partikül boyut analizörü (Model LA – 300, Japonya)

3.2.3.2.5 Kül tayini

Çalışmada, 5-10 g çikolata örneği, 600 °C' ye ısıtılmış üzeri saat camı ile kapatılarak desikatörde soğutulmuş ve sabit tartıma getirilmiş 25-50 mm'lik proselen kroze içerisine tartılmıştır. Porselen krozeler kül fırınına (Protherm Model PLF 120/5, Almanya) yerleştirilerek sıcaklık yavaş yavaş 600 °C' ye yükseltilmiştir. Kül fırınında 4 saat süre ile bekletilmiştir. Süre sonunda kroze fırından alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuş, içerisindeki kül % 96'lık etil alkol ile rutubetlendirilerek su banyosunda (Jeotech BW-10B, Kore) kurutulmuştur. Tamamen kül haline gelmiş numune saat camı ile kapatılarak desikatörde soğutulmuş ve tartılarak numunedeki kül miktarı hesaplanmıştır (Anonim 2010).

M2: Boş krozenin ağırlığı + kül (g)

M1: Boş kroze ağırlığı (g)

M: Deney numunesi ağırlığı (g)

Toplam Kül Miktarı (%) = $(M2-M1/M)*100$
(g/100 g)

3.2.3.2.6 Nem tayini

Kurutma kapları 105°C' de 30-40 dakika bekletilmiştir. Ardından desikatörde soğutulularak darası alınmıştır. Analiz edilecek çikolata örneği havanda homojen hale getirilmiştir. Darası alınmış numune kaplarına 3-5 g arasında örnek tartılmıştır. Örnek etüvde (Memmert VO 400, Almanya) 105-110°C arasında 4-5 saat bekletilmiştir. Ardından desikatörde soğutulularak tekrar ağırlığı belirlenmiştir. Ölçümlerde 0.01 g hassasiyete ulaşınca kadar işlem tekrarlanmıştır (Anonim 1976).

M1: Boş kurutma kabı (g)

M2: Boş kurutma kabı + kurutulan numune (g)

M: Deney numunesi (g)

$\%Nem = 100 - [(M2-M1/M)*100]$

3.2.3.2.7 Su aktivitesi

Su aktivitesi tayininde, okolata örnekleri homojen hale getirilerek 2 g tartılmış ve 25°C ortam koşullarında Lab Master aw su aktivitesi tayin cihazı (Novasina, İsviçre) kullanılarak ölüm yapılmıştır.

3.2.3.2.8 İnülin ve polidekstroz tayini

Çalışmada yüksek performans sıvı kromatografisi olarak (HPLC) LC-20AD Prominence (Shimadzu, Japonya) kullanılmıştır (şekil 3.6). Sistem bileşenleri arasında SPD-M20A diyot array dedektör, RID-10A refraktif indeks dedektör, CTO-20AC kolon fırını, DGU-20AS degazer, SIL-20AC HT oto sampler (Shimadzu, Japonya) yer almaktadır.



şekil 3.6 LC 20 AD (Shimadzu) HPLC Cihazı

HPLC metodu Zuleta ve Sambucetti (2001) tarafından gerçekleştirilen araştırmada uygulanan yöntem bazı modifikasyonlara uğratarak uygulanmıştır. 1-5 g arasında örnek tartılmış ve 90 mL sıcak su ile su banyosunda (Jeotech BW-10B, Kore) ekstrakte edilmiştir (85 °C, 25 dk). Ardından, su banyosunda (60 °C, 30 dk) inkübe edilerek prebiyotik bileşenin parçalanması sağlanmıştır. Beher oda sıcaklığına soğutulmuştur. 100 mL' lik balon jojeye aktarılarak saf su ile hacmi 100 mL' ye tamamlanmıştır. Homojenizasyon işleminden sonra 10.000 x g, 20 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. Çözelti 0.45 µm naylon filtreden geçirildikten sonra degase edilerek HPLC'ye enjekte edilmiştir.

3.2.3.3 İstatistiksel analiz

Sertlik, renk (parlaklık), kül, nem ve su aktivitesi özellikleri bakımından elde edilen analiz sonuçları faktöriyel düzende varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Denemede partikül boyutu (PBOYUT) faktörünün 20, 25, 28 olmak üzere 3 seviyesi, konçlama süresi (KSURE) faktörünün 3.5, 4.0, 4.5 olmak üzere 3 seviyesi ve prebiyotik bileşen (PREB) faktörünün de % 12 inülin, % 12 polidekstroz, % 9 inülin, % 9 polidekstroz, % 6 inülin, % 6 polidekstroz ve kontrol olmak üzere 7 seviyesi mevcuttur. Farklı grupların saptanmasında DUNCAN testi kullanılmıştır.

İstatistiksel değerlendirme ile yukarıda belirtilmiş olan faktörlerin, su aktivitesi, kül, nem, sertlik, renk (parlaklık) özellikleri açısından istatistiksel olarak önemli olup olmadığı belirlenmiştir.

İstatistiksel analiz, MINITAB-15 (Minitab nc., State College, Pensilvanya) ve MSTAT istatistiksel paketi (Michigan State University, East Lansing, MI, ABD) kullanılmıştır. $P < 0.01$ olan değerler önemli bulunmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Duyusal Analiz Sonuçları

Kontrol örneklerine ait duyusal değerlendirme sonuçları çizelge 4.1’ de verilmiştir. 1. grupta yer alan, farklı partikül boyutuna ve konçlama süresine sahip kontrol örneklerinden 20 µm partikül büyüklüğü ve 4,5 saat konçlama süresine sahip örnek (K3), panel üyelerinden en yüksek toplam puanı almıştır.

Çizelge 4.1 Kontrol örneklerine ait duyusal değerlendirme sonuçları

| Örnek Kodu | Örnek | Asitlik | Acılık | Tatlılık | Yağlılık durumu | Kakao tadı | Partikül büyüklüğü | Ağızda erime | Pürüzsüzlük | Parlaklık | Ağızda kalan son tat | İlk ısırım | TOPLAM |
|----------------|--------------------|---------|--------|----------|-----------------|------------|--------------------|--------------|-------------|-----------|----------------------|------------|--------|
| 1. GRUP | | | | | | | | | | | | | |
| K1 | 20 mikron 3.5 saat | 40 | 41 | 43 | 42 | 39 | 40 | 39 | 39 | 44 | 44 | 44 | 500 |
| K2 | 20 mikron 4 saat | 41 | 41 | 42 | 42 | 42 | 41 | 44 | 40 | 44 | 45 | 43 | 509 |
| K3 | 20 mikron 4.5 saat | 41 | 42 | 43 | 44 | 44 | 43 | 45 | 43 | 45 | 45 | 44 | 524 |
| K4 | 25 mikron 3.5 saat | 41 | 41 | 42 | 43 | 42 | 36 | 40 | 36 | 45 | 44 | 44 | 499 |
| K5 | 25 mikron 4 saat | 41 | 41 | 42 | 42 | 40 | 36 | 39 | 35 | 44 | 43 | 44 | 492 |
| K6 | 25 mikron 4.5 saat | 41 | 41 | 43 | 43 | 42 | 38 | 40 | 38 | 45 | 44 | 44 | 504 |
| K7 | 28 mikron 3.5 saat | 39 | 41 | 39 | 40 | 39 | 25 | 30 | 25 | 43 | 42 | 43 | 451 |
| K8 | 28 mikron 4 saat | 39 | 41 | 40 | 37 | 38 | 27 | 33 | 27 | 44 | 43 | 44 | 458 |
| K9 | 28 mikron 4.5 saat | 41 | 41 | 40 | 36 | 34 | 27 | 30 | 26 | 42 | 43 | 43 | 447 |

Duyusal değerlendirme sonunda, sırasıyla % 6, % 9, % 12 inülin içeren örneklerin yer aldığı 2. 3. ve 4. gruplar içerisinde en yüksek puanı alan örnekler kontrol örneklerinde olduğu gibi 20 µm partikül boyutu ve 4.5 saat konçlama süresine sahip örnekler olmuştur (sırasıyla; IN1.3, IN2.3, IN3.3). Bu üç örnek arasında ise en yüksek toplam puanı % 6 inülin içeren örnek (IN1.3) almıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 İnülin içeren çikolata örneklerine ait duyuşal değerlendirme sonuçları

| Örnek Kodu | Örnek | Asitlik | Açlık | Tatlık | Yağlık durumu | Kakao tadı | Partikül büyüklüğü | Ağzda erime | Pürüzsüzlük | Parlaklık | Ağzda kalan son tat | İlk ısırım | TOPLAM | |
|----------------|--------------------|-------------|-------|--------|---------------|------------|--------------------|-------------|-------------|-----------|---------------------|------------|--------|-----|
| 2. GRUP | | | | | | | | | | | | | | |
| IN1.1 | 20 mikron 3.5 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 44 | 41 | 39 | 43 | 41 | 43 | 45 | 42 | 44 | 508 |
| IN1.2 | 20 mikron 4 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 40 | 41 | 39 | 40 | 41 | 40 | 43 | 41 | 42 | 494 |
| IN1.3 | 20 mikron 4.5 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 44 | 43 | 40 | 45 | 43 | 45 | 44 | 42 | 44 | 517 |
| IN1.4 | 25 mikron 3.5 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 41 | 39 | 38 | 38 | 38 | 36 | 44 | 39 | 43 | 483 |
| IN1.5 | 25 mikron 4 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 39 | 39 | 39 | 33 | 37 | 33 | 44 | 41 | 43 | 475 |
| IN1.6 | 25 mikron 4.5 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 40 | 38 | 38 | 23 | 39 | 35 | 42 | 41 | 40 | 463 |
| IN1.7 | 28 mikron 3.5 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 37 | 32 | 39 | 24 | 32 | 23 | 41 | 36 | 44 | 432 |
| IN1.8 | 28 mikron 4 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 39 | 37 | 39 | 23 | 35 | 23 | 42 | 39 | 45 | 448 |
| IN1.9 | 28 mikron 4.5 saat | % 6 İnülin | 43 | 42 | 38 | 33 | 39 | 24 | 33 | 24 | 43 | 37 | 43 | 439 |
| 3. GRUP | | | | | | | | | | | | | | |
| IN2.1 | 20 mikron 3.5 saat | % 9 inülin | 37 | 38 | 40 | 33 | 39 | 39 | 42 | 39 | 41 | 41 | 42 | 470 |
| IN2.2 | 20 mikron 4 saat | % 9 inülin | 37 | 38 | 40 | 44 | 40 | 40 | 44 | 40 | 41 | 41 | 43 | 487 |
| IN2.3 | 20 mikron 4.5 saat | % 9 inülin | 38 | 38 | 42 | 45 | 41 | 43 | 45 | 43 | 40 | 42 | 43 | 499 |
| IN2.4 | 25 mikron 3.5 saat | % 9 inülin | 37 | 38 | 40 | 39 | 40 | 36 | 39 | 36 | 39 | 40 | 43 | 466 |
| IN2.5 | 25 mikron 4 saat | % 9 inülin | 37 | 37 | 40 | 39 | 39 | 37 | 40 | 37 | 41 | 40 | 42 | 468 |
| IN2.6 | 25 mikron 4.5 saat | % 9 inülin | 38 | 38 | 31 | 37 | 39 | 34 | 37 | 34 | 41 | 39 | 39 | 446 |
| IN2.7 | 28 mikron 3.5 saat | % 9 inülin | 37 | 35 | 38 | 32 | 36 | 23 | 31 | 23 | 41 | 33 | 34 | 402 |
| IN2.8 | 28 mikron 4 saat | % 9 inülin | 37 | 38 | 39 | 33 | 36 | 25 | 33 | 25 | 41 | 37 | 36 | 419 |
| IN2.9 | 28 mikron 4.5 saat | % 9 inülin | 37 | 38 | 39 | 32 | 38 | 25 | 32 | 25 | 42 | 38 | 37 | 422 |
| 4. GRUP | | | | | | | | | | | | | | |
| IN3.1 | 20 mikron 3.5 saat | % 12 inülin | 38 | 39 | 34 | 42 | 39 | 44 | 42 | 44 | 40 | 37 | 41 | 480 |
| IN3.2 | 20 mikron 4 saat | % 12 inülin | 38 | 39 | 34 | 40 | 39 | 41 | 41 | 41 | 41 | 38 | 40 | 472 |
| IN3.3 | 20 mikron 4.5 saat | % 12 inülin | 38 | 39 | 35 | 41 | 39 | 45 | 41 | 45 | 41 | 39 | 42 | 485 |
| IN3.4 | 25 mikron 3.5 saat | % 12 inülin | 38 | 39 | 35 | 38 | 39 | 37 | 38 | 37 | 41 | 39 | 40 | 461 |
| IN3.5 | 25 mikron 4 saat | % 12 inülin | 38 | 39 | 35 | 38 | 39 | 37 | 38 | 37 | 41 | 38 | 41 | 461 |
| IN3.6 | 25 mikron 4.5 saat | % 12 inülin | 38 | 39 | 35 | 39 | 39 | 35 | 39 | 35 | 41 | 39 | 40 | 459 |
| IN3.7 | 28 mikron 3.5 saat | % 12 inülin | 37 | 39 | 32 | 33 | 36 | 25 | 33 | 25 | 41 | 33 | 37 | 410 |
| IN3.8 | 28 mikron 4 saat | % 12 inülin | 38 | 38 | 34 | 33 | 39 | 23 | 33 | 23 | 41 | 34 | 40 | 416 |
| IN3.9 | 28 mikron 4.5 saat | % 12 inülin | 38 | 39 | 34 | 34 | 37 | 29 | 34 | 29 | 41 | 34 | 40 | 429 |

Sırasıyla % 6, % 9, % 12 polidekstroz içeren örneklerin bulunduğu 5. 6. ve 7. gruplar içerisinde de en yüksek puanı alan örneklerin, inülin içeren örneklerde ve kontrol örneklerinde olduğu gibi 20 µm partikül boyutu ve 4.5 saat konęlama süresine sahip

örnekler olduğu görülmektedir (PD1.3, PD2.3, PD3.3). En yüksek puanı alan bu örnekler arasında ise % 9 polidekstroz içeren örnek (PD2.3) birinci sırada yer almaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Polidekstroz içeren çikolata örneklerine ait duyuusal değerlendirme sonuçları

| Örnek Kodu | Örnek | | Asitlik | Acılık | Tatlılık | Yağlılık durumu | Kakao tadı | Partikül büyüklüğü | Ağızda erime | Pürüzsüzlük | Parlaklık | Ağızda kalan son tat | İlk ısırım | TOPLAM |
|----------------|--------------------|----------------|---------|--------|----------|-----------------|------------|--------------------|--------------|-------------|-----------|----------------------|------------|--------|
| 5. GRUP | | | | | | | | | | | | | | |
| PD1.1 | 20 mikron 3.5 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 39 | 40 | 43 | 40 | 43 | 40 | 40 | 41 | 484 |
| PD1.2 | 20 mikron 4 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 39 | 41 | 45 | 40 | 45 | 40 | 40 | 41 | 489 |
| PD1.3 | 20 mikron 4.5 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 39 | 42 | 42 | 42 | 45 | 41 | 45 | 40 | 40 | 39 | 494 |
| PD1.4 | 25 mikron 3.5 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 36 | 34 | 36 | 40 | 40 | 41 | 462 |
| PD1.5 | 25 mikron 4 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 40 | 40 | 37 | 40 | 38 | 38 | 38 | 40 | 40 | 41 | 471 |
| PD1.6 | 25 mikron 4.5 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 40 | 40 | 37 | 40 | 39 | 38 | 39 | 39 | 39 | 40 | 470 |
| PD1.7 | 28 mikron 3.5 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 39 | 37 | 32 | 37 | 24 | 31 | 24 | 40 | 39 | 41 | 423 |
| PD1.8 | 28 mikron 4 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 39 | 37 | 33 | 39 | 28 | 35 | 28 | 39 | 39 | 41 | 437 |
| PD1.9 | 28 mikron 4.5 saat | % 6 pdekstroz | 39 | 40 | 39 | 33 | 38 | 29 | 34 | 29 | 39 | 39 | 41 | 440 |
| 6. GRUP | | | | | | | | | | | | | | |
| PD2.1 | 20 mikron 3.5 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 41 | 40 | 39 | 41 | 39 | 41 | 40 | 41 | 480 |
| PD2.2 | 20 mikron 4 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 44 | 40 | 45 | 43 | 43 | 41 | 41 | 41 | 496 |
| PD2.3 | 20 mikron 4.5 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 39 | 41 | 43 | 41 | 45 | 44 | 45 | 41 | 41 | 41 | 500 |
| PD2.4 | 25 mikron 3.5 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 40 | 40 | 35 | 40 | 35 | 40 | 40 | 41 | 469 |
| PD2.5 | 25 mikron 4 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 40 | 40 | 35 | 40 | 35 | 40 | 40 | 41 | 469 |
| PD2.6 | 25 mikron 4.5 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 40 | 40 | 36 | 40 | 36 | 40 | 40 | 41 | 471 |
| PD2.7 | 28 mikron 3.5 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 38 | 38 | 33 | 36 | 25 | 33 | 25 | 41 | 38 | 41 | 427 |
| PD2.8 | 28 mikron 4 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 35 | 36 | 28 | 35 | 28 | 39 | 39 | 41 | 439 |
| PD2.9 | 28 mikron 4.5 saat | % 9 pdekstroz | 39 | 39 | 40 | 35 | 36 | 28 | 34 | 28 | 39 | 40 | 41 | 439 |
| 7. GRUP | | | | | | | | | | | | | | |
| PD3.1 | 20 mikron 3.5 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 33 | 39 | 39 | 43 | 39 | 42 | 40 | 38 | 41 | 482 |
| PD3.2 | 20 mikron 4 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 35 | 40 | 39 | 40 | 41 | 38 | 40 | 35 | 40 | 476 |
| PD3.3 | 20 mikron 4.5 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 34 | 43 | 39 | 45 | 43 | 45 | 39 | 36 | 42 | 493 |
| PD3.4 | 25 mikron 3.5 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 32 | 38 | 38 | 36 | 38 | 36 | 39 | 36 | 41 | 462 |
| PD3.5 | 25 mikron 4 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 35 | 35 | 38 | 36 | 38 | 36 | 38 | 36 | 40 | 460 |
| PD3.6 | 25 mikron 4.5 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 33 | 36 | 38 | 34 | 37 | 34 | 40 | 36 | 42 | 457 |
| PD3.7 | 28 mikron 3.5 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 33 | 38 | 35 | 22 | 32 | 22 | 39 | 35 | 41 | 425 |
| PD3.8 | 28 mikron 4 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 33 | 34 | 37 | 31 | 35 | 31 | 39 | 36 | 41 | 445 |
| PD3.9 | 28 mikron 4.5 saat | % 12 pdekstroz | 44 | 43 | 33 | 30 | 37 | 25 | 31 | 24 | 39 | 36 | 41 | 423 |

Duyusal değerlendirmenin 2. aşamasında, her grup içerisinde en yüksek puana sahip örnekler karşılaştırılmış ve bu değerlendirme sonunda kontrol örneğine en yakın örneğin %9 inülin içeren, 20 μm partikül boyutuna sahip, 4,5 saat süre ile konçlanmış çikolata rneği (IN2.3) olduğu grlmştr (izelge 4.4)

Çizelge 4.4 Her grubun birincisi üzerinden yapılan son değerlendirme

| rnek Kodu | rnek | Asitlik | Acılık | Tatlılık | Yağlılık durumu | Kakao tadı | Partikül büyüklüğü | Ağzda erime | Pürüzsüzlük | Parlaklık | Ağzda kalan son tat | ilk ısırım | TOPLAM |
|------------|-----------------------------------|---------|--------|----------|-----------------|------------|--------------------|-------------|-------------|-----------|---------------------|------------|--------|
| K3 | 20 mikron 4.5 saat % 0 prebiyotik | 43 | 42 | 41 | 44 | 44 | 42 | 43 | 45 | 41 | 42 | 41 | 508 |
| IN2.3 | 20 mikron 4.5 saat % 9 inülin | 43 | 42 | 41 | 43 | 44 | 42 | 43 | 45 | 41 | 42 | 41 | 507 |
| IN1.3 | 20 mikron 4.5 saat % 6 inülin | 43 | 42 | 42 | 40 | 41 | 42 | 42 | 45 | 41 | 40 | 41 | 499 |
| IN3.3 | 20 mikron 4.5 saat % 12 inülin | 43 | 42 | 42 | 35 | 39 | 42 | 40 | 45 | 41 | 40 | 41 | 490 |
| PD1.3 | 20 mikron 4.5 saat % 6 pdekstroz | 43 | 40 | 38 | 37 | 38 | 42 | 38 | 45 | 41 | 36 | 41 | 479 |
| PD2.3 | 20 mikron 4.5 saat % 9 pdekstroz | 41 | 40 | 38 | 37 | 37 | 42 | 36 | 45 | 41 | 36 | 41 | 474 |
| PD3.3 | 20 mikron 4.5 saat % 12 pdekstroz | 40 | 40 | 36 | 34 | 36 | 42 | 36 | 45 | 41 | 34 | 41 | 465 |

Çalışma kapsamında, üç farklı konçlama süresi (3.5, 4, 4.5 saat) ve üç farklı partikül büyüklüğü (20 μm, 25 μm, 28 μm) kullanılmıştır. Yapılan duyusal değerlendirme sonucunda, tüm prebiyotik bileşen oranları için en yüksek puanı 20 μm partikül büyüklüğündeki 4.5 saat konlama işlemine tabi tutulan çikolata örneklerinin aldığı grlmştr. Elde edilen bu sonuç literatür ile de uyum göstermektedir. Literatürde yer alan araştırmalara göre partikül boyutu küçüldükçe çikolatanın duyusal özellikleri iyileşmektedir (Sökmen ve Güneş 2006).

Ayrıca duyusal değerlendirme sonunda, en uzun konçlama süresinin tüm örneklerde en yüksek puanı almış olması da literatürde yer alan bilgileri doğrular niteliktedir. Konlama işlemi ile fazla nem ve kakao çekirdeklerinin fermantasyonu sonucu oluşan uçucu asitler, ketonlar ve aldehitler buharlaştırılmaktadır. ikolatanın tadı zenginleşerek

ağızda eriyen kıvama ulaşmakta ve karışım daha homojenize bir hal almaktadır. Ayrıca istenmeyen kokular uzaklaştırılmakta ve polifenollerin oksidasyonunun daha da ilerlemesi ile aromanın keskinliği azalmaktadır (Afoakwa 2010).

4.2 Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

4.2.1 Shear Stress ve shear rate

Reolojik ölçümlerden elde edilen veriler Casson, Sisko ve Straight Line modellemeleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Casson modeli ile yield stress ve viskozite, Sisko modeli ile yoğunluk ve rate index, Straight line modeli ile de regresyon değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.5' de çikolata örneklerine ait bu değerler yer almaktadır. Bu verilerin elde edildiği her bir örneğe ait grafikler EK 1'de sunulmaktadır.

Çikolatanın reolojik özelliklerinin belirlenmesi, yüksek kalitede ve iyi yapıda çikolata üretebilmek açısından önem taşımaktadır. Çikolatanın yağ bileşeni, partikül büyüklük dağılımı, nem içeriği, emülgatör tipi, konçlama süresi ve sıcaklığı çikolatanın reolojik özelliklerini etkilemektedir. Casson modeli ile hesaplanan yield stress değeri çikolatanın akışkanlığının ölçüsüdür. Partikül boyutu küçüldükçe çikolatanın duyuşal özelliği iyileşmekte ancak partiküllerin yüzey alanı genişlediği için viskozite ve yield stress değeri artmaktadır (Sökmen ve Güneş 2006).

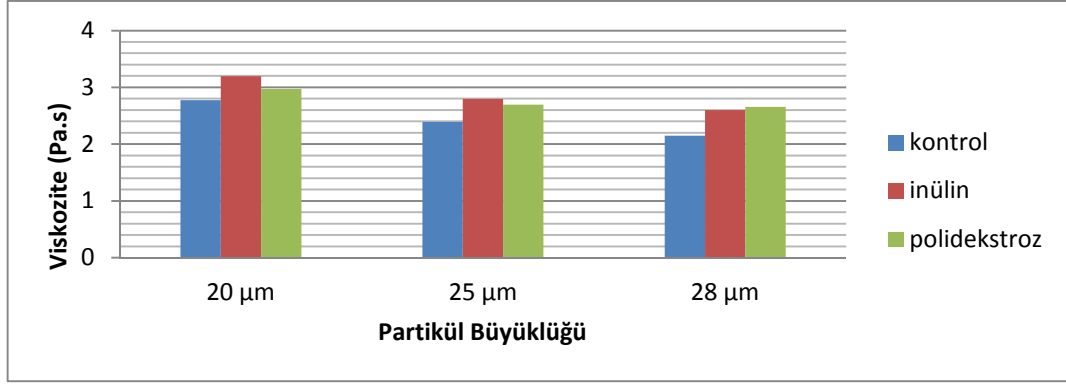
Analiz sonucunda, inülin ve polidekstroz içeren örneklere ait viskozite sonuçlarının birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Kontrol örneklerine ait viskozite değerleri ise her partikül boyutu için (20 µm, 25 µm, 28 µm) daha yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda partikül boyutu arttıkça viskozite değerinin düştüğü ortaya konulmaktadır (Şekil 4.1). Bunun nedeni ise yağ fazı ile temas eden yüzey alanının azalması olarak bilinmektedir (Sökmen ve Güneş 2006).

Çikolata örneklerine ait yield stress değerinin inülin içeren örneklerde polidekstroz içeren örneklere kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Partikül boyutu ile prebiyotik bileşen türü arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur. Aynı zamanda

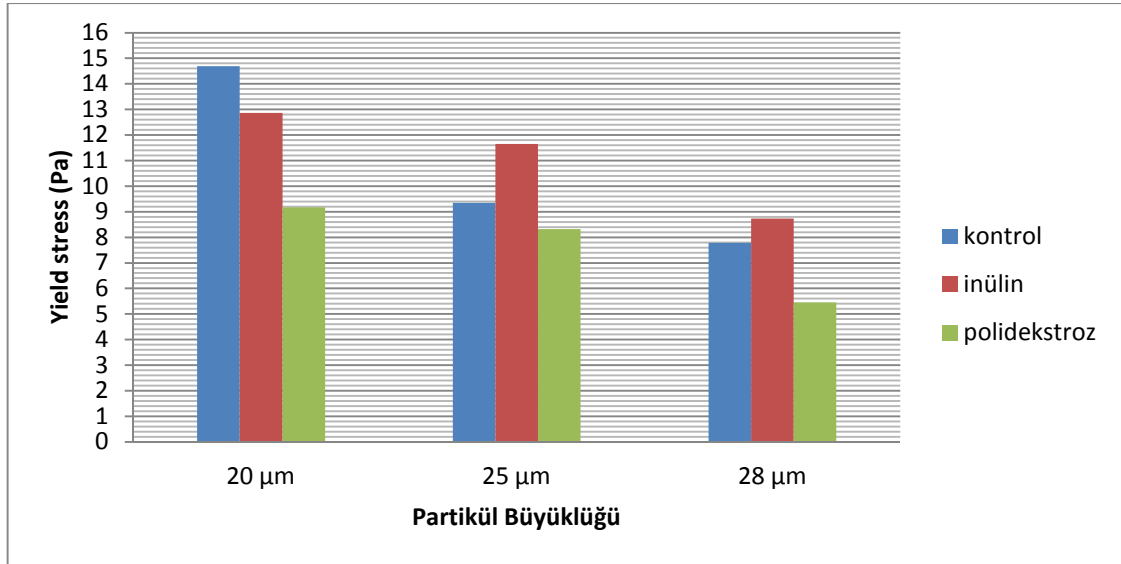
partikül boyutu arttıkça yield stress değerinin önemli ölçüde azaldığı da ortaya konulmaktadır (Şekil 4.2).

Çizelge 4.5 Tüm çikolata örneklerine ait reolojik ölçüm sonuçları

| Reolojik Ölçüm | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Örnek Kodu | | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| Casson | Yield Stress (Pa) | 18,16 | 15,45 | 10,45 | 8,446 | 8,518 | 11,09 | 8,892 | 6,096 | 8,352 |
| | Viskozite (Pa.s) | 2,581 | 2,034 | 1,822 | 5,273 | 5,228 | 4,228 | 2,385 | 1,763 | 3,025 |
| Sisko | Yoğunluk (s) | 19,83 | 41,2 | 14,21 | 15,11 | 14,85 | 14,72 | 11,02 | 8,109 | 11,77 |
| | Rate Index | 0,543 | 0,7452 | 0,5896 | 0,8156 | 0,8191 | 0,7884 | 0,7318 | 0,5867 | 0,7546 |
| Straight Line | Regresyon | 0,9446 | 0,8782 | 0,9401 | 0,9691 | 0,9752 | 0,984 | 0,9566 | 0,9413 | 0,9545 |
| Örnek Kodu | | IN1.1 | IN1.2 | IN1.3 | IN1.4 | IN1.5 | IN1.6 | IN1.7 | IN1.8 | IN1.9 |
| Casson | Yield Stress (Pa) | 88,33 | 13,57 | 13,3 | 6,657 | 8,704 | 9,339 | 9,66 | 15,37 | 16,45 |
| | Viskozite (Pa.s) | 28,96 | 3,289 | 3,698 | 2,508 | 2,637 | 2,811 | 2,625 | 2,449 | 2,499 |
| Sisko | Yoğunluk (s) | 136,6 | 17,16 | 16,63 | 15,84 | 16,49 | 15,07 | 13,02 | 17,93 | 17,09 |
| | Rate Index | 0,4894 | 0,5792 | 0,6828 | 0,2535 | 0,3346 | 0,4425 | 0,5482 | 0,5175 | 0,6372 |
| Straight Line | Regresyon | 0,93 | 0,9416 | 0,9508 | 0,9004 | 0,9133 | 0,9251 | 0,9383 | 0,9404 | 0,9525 |
| Örnek Kodu | | IN2.1 | IN2.2 | IN2.3 | IN2.4 | IN2.5 | IN2.6 | IN2.7 | IN2.8 | IN2.9 |
| Casson | Yield Stress (Pa) | 4,179 | 6,125 | 14,38 | 9,37 | 12,59 | 10,46 | 5,012 | 6,798 | 3,354 |
| | Viskozite (Pa.s) | 3,059 | 3,168 | 3,258 | 2,862 | 2,824 | 2,416 | 2,249 | 2,348 | 2,846 |
| Sisko | Yoğunluk (s) | 14,34 | 12,65 | 17,9 | 12,52 | 15,38 | 14,65 | 9,891 | 11,21 | 11,39 |
| | Rate Index | 0,1911 | 0,4126 | 0,5662 | 0,6062 | 0,5821 | 0,4723 | 0,4054 | 0,4594 | 2304 |
| Straight Line | Regresyon | 0,8848 | 0,9423 | 0,9419 | 0,9428 | 0,9437 | 0,9321 | 0,9159 | 0,9257 | 0,885 |
| Örnek Kodu | | IN3.1 | IN3.2 | IN3.3 | IN3.4 | IN3.5 | IN3.6 | IN3.7 | IN3.8 | IN3.9 |
| Casson | Yield Stress (Pa) | 14,54 | 98,92 | 31,43 | 13,35 | 17,12 | 17,22 | 12,43 | 3,42 | 6,153 |
| | Viskozite (Pa.s) | 3,461 | 32,71 | 2,174 | 2,65 | 3,958 | 2,521 | 2,131 | 3,206 | 3,041 |
| Sisko | Yoğunluk (s) | 18,23 | 147,1 | 26,11 | 15,81 | 27,67 | 17,21 | 18,8 | 17,51 | 15,46 |
| | Rate Index | 0,5836 | 0,5225 | 0,5847 | 0,5796 | 0,3734 | 0,6696 | 0,3553 | 0,0642 | 0,2723 |
| Straight Line | Regresyon | 0,9426 | 0,9334 | 0,9635 | 0,944 | 0,9063 | 0,9236 | 0,9229 | 0,858 | 0,8967 |
| Örnek Kodu | | PD1.1 | PD1.2 | PD1.3 | PD1.4 | PD1.5 | PD1.6 | PD1.7 | PD1.8 | PD1.9 |
| Casson | Yield Stress (Pa) | 8,921 | 8,635 | 79,49 | 6,804 | 8,435 | 8,375 | 6,601 | 5,497 | 7,603 |
| | Viskozite (Pa.s) | 2,076 | 2,652 | 20,42 | 2,315 | 3,105 | 3,052 | 2,153 | 2,327 | 2,381 |
| Sisko | Yoğunluk (s) | 12,15 | 12,68 | 132,8 | 12,85 | 12,11 | 12,55 | 12,01 | 8,817 | 11,01 |
| | Rate Index | 0,5012 | 0,5184 | 0,3796 | 0,3704 | 0,6082 | 0,5579 | 0,3817 | 0,5509 | 0,5386 |
| Straight Line | Regresyon | 0,9344 | 0,9332 | 0,9197 | 0,9151 | 0,9407 | 0,9351 | 0,9157 | 0,9327 | 0,9348 |
| Örnek Kodu | | PD2.1 | PD2.2 | PD2.3 | PD2.4 | PD2.5 | PD2.6 | PD2.7 | PD2.8 | PD2.9 |
| Casson | Yield Stress (Pa) | 14,16 | 5,498 | 9,584 | 8,837 | 7,562 | 5,367 | 5,96 | 7,791 | 4,962 |
| | Viskozite (Pa.s) | 2,052 | 3,249 | 2,098 | 2,788 | 2,69 | 3,225 | 2,377 | 3,036 | 2,686 |
| Sisko | Yoğunluk (s) | 15,73 | 14,9 | 15,51 | 15,93 | 11,17 | 10,43 | 8,625 | 11,67 | 8,149 |
| | Rate Index | 0,5395 | 0,27 | 0,3739 | 0,3958 | 0,5717 | 0,5122 | 0,6681 | 0,7606 | 0,666 |
| Straight Line | Regresyon | 0,9436 | 0,8971 | 0,919 | 0,9156 | 0,9362 | 0,9231 | 0,9449 | 0,9543 | 0,9411 |
| Örnek Kodu | | PD3.1 | PD3.2 | PD3.3 | PD3.4 | PD3.5 | PD3.6 | PD3.7 | PD3.8 | PD3.9 |
| Casson | Yield Stress (Pa) | 9,209 | 10,06 | 8,992 | 9,401 | 9,911 | 10,14 | 2,195 | 4,21 | 4,236 |
| | Viskozite (Pa.s) | 2,778 | 2,717 | 3,458 | 2,455 | 2,516 | 2,101 | 3,001 | 2,67 | 3,244 |
| Sisko | Yoğunluk (s) | 13,37 | 13,42 | 12,88 | 16,38 | 15,11 | 13,9 | 9,487 | 8,693 | 9,254 |
| | Rate Index | 0,5388 | 0,5898 | 0,6537 | 0,3639 | 0,4496 | 0,469 | 0,2272 | 0,4689 | 0,4847 |
| Straight Line | Regresyon | 0,9334 | 0,939 | 0,9439 | 0,9167 | 0,9262 | 0,9315 | 0,8745 | 0,9189 | 0,9182 |



Şekil 4.1 İnülin ve polidekstroz içeren örneklerin ve kontrol örneklerinin partikül büyüklüğüne göre ortalama viskozite değerlerinin dağılımı



Şekil 4.2 İnülin ve polidekstroz içeren örneklerin ve kontrol örneklerinin partikül büyüklüğüne göre ortalama yield stress değerlerinin dağılımı

4.2.2 Tekstür (Sertlik) analizi

Çikolata örneklerine ait sertlik analizi sonuçları (ortalama değerler) ile bu sonuçlardan elde edilen standart sapma değerleri (SD) ve korelasyon değerleri (CV) Çizelge 4.6'da yer almaktadır. İstatistiksel değerlendirme sonunda, sertlik bakımından yapılan varyans analizi sonucunda partikül boyutu, prebiyotik bileşen ve konçlama süresi faktörleri ve bu faktörlerin ikili interaksyonları (PBOYUTxKSURE, PBOYUTxPREB, KSURExPREB) istatistiksel olarak önemli bulunmazken, bu faktörlerin üçlü

interaksiyonu (PBOYUTxPREBxKSURE) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01).

Çizelge 4.6 Tüm çikolata örneklerine ait sertlik analizi sonuçları

| Sertlik (kg) | | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Örnek Kodu | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| Ortalama | 11,816 | 12,323 | 11,764 | 12,506 | 11,422 | 12,739 | 10,366 | 10,901 | 10,855 |
| SD | 0,312 | 0,227 | 0,474 | 0,186 | 0,495 | 0,627 | 0,058 | 0,364 | 0,636 |
| CV | 2,638 | 1,843 | 4,032 | 1,49 | 4,34 | 4,918 | 0,564 | 3,34 | 5,857 |
| Örnek Kodu | IN1.1 | IN1.2 | IN1.3 | IN1.4 | IN1.5 | IN1.6 | IN1.7 | IN1.8 | IN1.9 |
| Ortalama | 11,002 | 11,606 | 12,013 | 12,784 | 12,503 | 12,19 | 11,962 | 12,075 | 12,668 |
| SD | 0,642 | 0,255 | 0,324 | 0,136 | 0,282 | 0,43 | 0,221 | 0,065 | 0,101 |
| CV | 5,832 | 0,367 | 2,698 | 1,061 | 2,261 | 3,526 | 1,85 | 0,536 | 0,8 |
| Örnek Kodu | IN2.1 | IN2.2 | IN2.3 | IN2.4 | IN2.5 | IN2.6 | IN2.7 | IN2.8 | IN2.9 |
| Ortalama | 10,404 | 13,178 | 12,849 | 11,996 | 11,016 | 13,955 | 11,916 | 12,102 | 11,427 |
| SD | 0,362 | 0,204 | 0,206 | 0,096 | 0,029 | 0,535 | 0,701 | 0,048 | 0,573 |
| CV | 3,486 | 1,55 | 1,603 | 0,803 | 2,709 | 3,835 | 5,878 | 0,398 | 5,013 |
| Örnek Kodu | IN3.1 | IN3.2 | IN3.3 | IN3.4 | IN3.5 | IN3.6 | IN3.7 | IN3.8 | IN3.9 |
| Ortalama | 11,009 | 10,726 | 12,345 | 11,657 | 11,83 | 11,489 | 10,741 | 12,655 | 11,078 |
| SD | 0,439 | 0,401 | 0,564 | 0,776 | 0,688 | 0,21 | 0,266 | 0,656 | 0,537 |
| CV | 3,984 | 3,739 | 4,567 | 6,663 | 5,817 | 1,83 | 2,485 | 5,186 | 4,848 |
| Örnek Kodu | PD1.1 | PD1.2 | PD1.3 | PD1.4 | PD1.5 | PD1.6 | PD1.7 | PD1.8 | PD1.9 |
| Ortalama | 10,616 | 11,168 | 11,129 | 10,222 | 11,462 | 11,657 | 12,021 | 11,241 | 11,983 |
| SD | 0,557 | 0,405 | 0,658 | 0,148 | 0,596 | 0,521 | 0,063 | 0,558 | 0,307 |
| CV | 5,246 | 3,624 | 5,741 | 1,455 | 5,027 | 4,474 | 0,524 | 4,962 | 2,564 |
| Örnek Kodu | PD2.1 | PD2.2 | PD2.3 | PD2.4 | PD2.5 | PD2.6 | PD2.7 | PD2.8 | PD2.9 |
| Ortalama | 11,093 | 11,77 | 11,721 | 12,489 | 9,631 | 12,178 | 12,906 | 12,481 | 11,044 |
| SD | 0,277 | 0,107 | 0,149 | 0,549 | 0,662 | 0,583 | 0,119 | 0,156 | 0,348 |
| CV | 2,495 | 0,907 | 1,277 | 4,398 | 6,873 | 4,788 | 0,929 | 1,251 | 3,15 |
| Örnek Kodu | PD3.1 | PD3.2 | PD3.3 | PD3.4 | PD3.5 | PD3.6 | PD3.7 | PD3.8 | PD3.9 |
| Ortalama | 11,983 | 11,92 | 11,189 | 11,062 | 11,207 | 11,529 | 11,7 | 10,248 | 10,704 |
| SD | 0,474 | 0,302 | 0,696 | 0,564 | 0,76 | 0,702 | 0,427 | 0,28 | 0,305 |
| CV | 3,956 | 2,533 | 6,217 | 5,099 | 6,783 | 6,096 | 3,648 | 2,74 | 2,853 |

Elde edilen kontrol örneklerinin yanısıra, farklı oranlarda prebiyotik bileşen içeren deneme örneklerinde sertlik değerlerinin (kg) karşılaştırılmasında, her bir grup için n=63 olmak üzere, üç farklı partikül büyüklüğü (11.58-11.79 kg) ve konçlama süresi (11.54 - 11.85 kg) dikkate alındığında sertlik değerinin dar bir aralıkta değişim göstermekte olduğu, konçlama süresi ile sertlik değerlerinde düşük düzeyde artış meydana geldiği belirlenmiştir. Prebiyotik bileşen türü (inülin ve polidekstroz) ve düzeyleri (% 0.0, 6.0, 9.0 ve 12.0) dikkate alındığında (n=27) ise bu değişim aralığının artış gösterdiği görülmüştür.

20 µm partikül büyüklüğünde hazırlanmış örneklerde, kontrol örneğine en yakın sertlik değerine sahip prebiyotik bileşen içeren çikolatalar 3.5 saat konçlama süresi için, % 6.0 polidekstrozlu çikolata, 4.0 saat konçlama süresi için % 12.0 polidekstroz ve % 6.0 inülin içeren çikolatalar, 4.5 saat konçlama süresi için ise yine % 6.0 inülin içeren yanısıra % 9.0 polidekstroz içeren çikolatalar olmuştur. 25 µm partikül büyüklüğünde ise 3.5 saat konçlama süresinde % 6 inülin ve % 9 polidekstroz, 4.0 saat konçlama süresinde % 6.0 polidekstroz, 4.5 saat konçlama süresinde ise % 6.0 inülin ve % 9.0 polidekstroz içeren örnekler kontrol örneğine en yakın sertlik değerine sahip örnekler olmuştur. Partikül büyüklüğünün 28 µm'ye çıkartılması ile birlikte 3.5 saat konçlama süresi için % 12.0 inülin, 4.0 saat konçlama süresi için % 6.0 ve % 12.0 polidekstroz içeren, 4.5 saat konçlama süresi için ise % 9 ve % 12 polidekstroz içeren örneklerin kontrol örneğine en yakın sertlik derecesine sahip olan örnekler olduğu görülmüştür.

Yukarıda partikül büyüklüğü esas alınarak gerçekleştirilen karşılaştırmalarda esas alınan kontrol örnekleri, prebiyotik bileşen dışında, aynı proses koşulları ve partikül büyüklüklerine dikkate alınarak hazırlanan örneklerdir.

Tüm örnek gruplarında, aynı konçlama süresi ve prebiyotik bileşen oranına sahip örneklerde partikül büyüklüğünde değişim ile birlikte sertlik değerlerindeki değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.01). Ancak aynı partikül büyüklüğü ve prebiyotik bileşen oranına sahip örnek gruplarının genelinde ise sertlik değerinde meydana gelen değişiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.7 Sertlik analizinden elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirme verileri

| <i>Değer</i> | | Prebiyotik bileşen - 3.5 saat konçlama | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------|--|-------|-------|----------|--------------------------------|-------|-------|----------|-------------------------------|-------|-------|
| Partikül Büyüklüğü | | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | |
| Prebiyotik Bileşen | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 3 | 11,009 ^{cd} ±0,44 | 10,52 | 11,37 | 3 | 11,657 ^{cd} ±0,78 | 10,83 | 12,38 | 3 | 10,741 ^c ±0,27 | 10,44 | 10,92 |
| % 12.0 Polidekstroz | 3 | 11,983 ^a ±0,47 | 11,63 | 12,52 | 3 | 11,062 ^d ±0,56 | 10,43 | 11,52 | 3 | 11,700 ^b ±0,43 | 11,28 | 12,14 |
| % 9.0 İnülin | 3 | 10,404 ^d ±0,36 | 9,987 | 10,64 | 3 | 11,996 ^{bc} ±0,10 | 11,89 | 12,07 | 3 | 11,916 ^b ±0,70 | 11,27 | 12,66 |
| % 9.0 Polidekstroz | 3 | 11,093 ^{bcd} ±0,28 | 10,82 | 11,38 | 3 | 112,490 ^{ab} ±0,55 | 11,87 | 12,91 | 3 | 12,906 ^a ±0,12 | 12,8 | 13,04 |
| % 6.0 İnülin | 3 | 11,002 ^{cd} ±0,64 | 10,55 | 11,74 | 3 | 12,784 ^a ±0,14 | 12,63 | 12,88 | 3 | 11,963 ^b ±0,22 | 11,71 | 12,12 |
| % 6.0 Polidekstroz | 3 | 10,616 ^{abc} ±0,56 | 10,18 | 11,24 | 3 | 10,223 ^e ±0,15 | 10,07 | 10,37 | 3 | 12,021 ^b ±0,06 | 11,96 | 12,08 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 3 | 11,816 ^{ab} ±0,31 | 11,46 | 12,06 | 3 | 12,506 ^{ab} ±0,19 | 12,33 | 12,7 | 3 | 10,366 ^c ±0,06 | 10,3 | 10,41 |
| <i>Değer</i> | | Prebiyotik bileşen - 4.0 saat konçlama | | | | | | | | | | |
| Partikül Büyüklüğü | | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | |
| Prebiyotik Bileşen | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 3 | 10,726 ^d ±0,40 | 10,29 | 11,07 | 3 | 11,830 ^{ab} ±0,69 | 11,04 | 12,26 | 3 | 12,655 ^a ±0,66 | 12,05 | 13,35 |
| % 12.0 Polidekstroz | 3 | 11,920 ^{bc} ±0,30 | 11,68 | 12,26 | 3 | 11,207 ^{bc} ±0,77 | 10,34 | 11,78 | 3 | 10,249 ^c ±0,28 | 9,95 | 10,51 |
| % 9.0 İnülin | 3 | 13,179 ^a ±0,20 | 13,06 | 13,41 | 3 | 11,016 ^c ±0,30 | 10,71 | 11,31 | 3 | 12,102 ^a ±0,05 | 12,06 | 12,15 |
| % 9.0 Polidekstroz | 3 | 11,770 ^{bc} ±0,11 | 11,65 | 11,84 | 3 | 9,631 ^d ±0,66 | 8,93 | 10,24 | 3 | 12,482 ^a ±0,16 | 12,35 | 12,66 |
| % 6.0 İnülin | 3 | 11,606 ^{bc} ±0,043 | 11,57 | 11,65 | 3 | 12,504 ^a ±0,29 | 12,18 | 12,68 | 3 | 12,074 ^a ±0,06 | 12,02 | 12,15 |
| % 6.0 Polidekstroz | 3 | 11,168 ^{cd} ±0,41 | 10,78 | 11,59 | 3 | 11,462 ^{bc} ±0,6 | 10,79 | 11,93 | 3 | 11,241 ^b ±0,56 | 10,85 | 11,88 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 3 | 12,323 ^b ±0,23 | 12,06 | 12,46 | 3 | 11,422 ^{bc} ±0,50 | 10,87 | 11,82 | 3 | 10,901 ^{bc} ±0,36 | 10,48 | 11,15 |
| <i>Değer</i> | | Prebiyotik bileşen - 4.5 saat konçlama | | | | | | | | | | |
| Partikül Büyüklüğü | | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | |
| Prebiyotik Bileşen | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | Sertlik (Ort.± SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 3 | 12,345 ^{ab} ±0,56 | 11,8 | 12,92 | 3 | 11,489 ^c ±0,21 | 11,25 | 11,63 | 3 | 11,078 ^{bc} ±0,54 | 10,47 | 11,49 |
| % 12.0 Polidekstroz | 3 | 11,188 ^d ±0,70 | 10,64 | 11,97 | 3 | 11,530 ^c ±0,70 | 10,74 | 12,07 | 3 | 10,703 ^c ±0,31 | 10,4 | 11,01 |
| % 9.0 İnülin | 3 | 12,849 ^a ±0,21 | 12,63 | 13,03 | 3 | 13,955 ^a ±0,54 | 13,52 | 14,55 | 3 | 11,427 ^{bc} ±0,58 | 11,02 | 12,08 |
| % 9.0 Polidekstroz | 3 | 11,722 ^{bcd} ±0,15 | 11,56 | 11,85 | 3 | 12,178 ^{bc} ±0,58 | 11,51 | 12,56 | 3 | 11,044 ^c ±0,35 | 10,75 | 11,43 |
| % 6.0 İnülin | 3 | 12,013 ^{bc} ±0,32 | 11,64 | 12,25 | 3 | 12,190 ^{bc} ±0,43 | 11,71 | 12,53 | 3 | 12,667 ^a ±0,10 | 12,55 | 12,73 |
| % 6.0 Polidekstroz | 3 | 11,472 ^{cd} ±0,66 | 11,06 | 12,23 | 3 | 11,657 ^c ±0,52 | 11,09 | 12,11 | 3 | 11,983 ^{ab} ±0,31 | 11,68 | 12,3 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 3 | 11,764 ^{bcd} ±0,47 | 11,23 | 12,14 | 3 | 12,739 ^b ±0,63 | 12,02 | 13,11 | 3 | 10,855 ^c ±0,64 | 10,33 | 11,56 |

Elde edilen bu sonuçlardan hareketle, partikül büyüklüğünün konçlama süresine kıyasla sertlik değerleri üzerinde daha fazla etkiye bulunduğu yargısına varılmıştır (Çizelge 4.7). Partikül büyüklüğü duyuşal özelliği etkilediği gibi çikolatanın sertlik değeri üzerine de etki etmektedir. Elde edilen bu sonuç literatürde yer alan çalışmalar ile de uyum sağlamaktadır (Afoakwa ve MPhill 2008). Afoakwa ve MPhill tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada partikül büyüklük değerinin çikolatanın reolojik, tekstürel, kristalizasyon, sertlik ve duyuşal özellikleri üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur.

4.2.3 Renk (Parlaklık) analizi

Çikolata örneklerine ait L-parlaklık analizi sonuçlarının ortalama değerleri, standart sapma değerleri (SD) ve korelasyon değerleri (CV) izelge 4.8’de verilmiştir.

İstatistiksel değerlendirme sonunda, L-parlaklık özelliği bakımından yapılan varyans analizi sonucunda partikül boyutu, prebiyotik bileşen ve konçlama süresi faktörleri ve bu faktörlerin ikili interaksyonları (PBOYUTxKSURE, PBOYUTXPRES, KSURExPRES) istatistiksel olarak önemli bulunmazken, bu faktörlerin üçlü interaksyonu (PBOYUTxPRESxKSURE) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$) (Çizelge 4.9).

Renk analizi sonunda kontrol örneğine en yakın değeri alan çikolata örneğinin, duyuşal değerlendirme sonunda da prebiyotik bileşen içeren örnekler arasında en yüksek toplam puanı almış olan IN2.3 kodlu örnek olduğu görölmektedir. Elde edilen bu veri literatürde yer alan rengin algılanan duyuşal karakteristiği etkilediği bilgisini doğrular niteliktedir (Briones vd. 2006).

Analiz sonucunda, partikül boyutu ve prebiyotik bileşen parametrelerinin renk özelliğini tek başlarına veya ikili interaksyonları halinde etkilemediği ortaya konulmuştur. Ancak Afoakwa vd. tarafından 2009 yılında, partikül büyüklüğü ve bileşen kompozisyonunun çikolatanın görünüş ve tekstürel özellikleri üzerine yaptığı bir çalışmada renk özelliği üzerinde partikül büyüklüğüne bağlı olarak ($18 - 50 \mu\text{m}$, D_{90}) değişim olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda elde edilen bu verinin literatürde yer alan bu bilgi ile uyumlu olmadığı görölmektedir.

Çizelge 4.8 Tüm çikolata örneklerine ait renk (L-parlaklık) analizi sonuçları

| Renk - L (Parlaklık) | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Örnek Kodu | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| Ortalama | 37,61 | 37,38 | 37,17 | 35,88 | 35,65 | 35,62 | 35,65 | 35,52 | 34,94 |
| SD | 0,89 | 0,56 | 0,91 | 1,02 | 1,27 | 0,53 | 1,54 | 0,48 | 1,41 |
| CV | 2,36 | 1,51 | 2,44 | 2,83 | 3,57 | 1,48 | 4,31 | 1,35 | 4,04 |
| Örnek Kodu | IN1.1 | IN1.2 | IN1.3 | IN1.4 | IN1.5 | IN1.6 | IN1.7 | IN1.8 | IN1.9 |
| Ortalama | 37,42 | 37,93 | 37,75 | 37,58 | 37,37 | 36,54 | 37,25 | 37,2 | 37,23 |
| SD | 0,86 | 0,6 | 0,49 | 0,58 | 0,42 | 1,28 | 0,63 | 0,57 | 0,54 |
| CV | 2,29 | 1,58 | 1,29 | 1,54 | 1,14 | 3,51 | 1,69 | 1,55 | 1,45 |
| Örnek Kodu | IN2.1 | IN2.2 | IN2.3 | IN2.4 | IN2.5 | IN2.6 | IN2.7 | IN2.8 | IN2.9 |
| Ortalama | 37,49 | 37,52 | 37,2 | 37,26 | 37,28 | 36,79 | 36,95 | 37,18 | 37,01 |
| SD | 0,44 | 0,98 | 0,12 | 0,79 | 0,74 | 0,39 | 0,51 | 0,29 | 0,37 |
| CV | 1,17 | 2,62 | 0,33 | 2,13 | 1,98 | 1,07 | 1,38 | 0,78 | 1,01 |
| Örnek Kodu | IN3.1 | IN3.2 | IN3.3 | IN3.4 | IN3.5 | IN3.6 | IN3.7 | IN3.8 | IN3.9 |
| Ortalama | 36,6 | 36,63 | 36,78 | 37,1 | 37,18 | 36,85 | 38,34 | 36,24 | 37,84 |
| SD | 0,3 | 0,33 | 1,28 | 0,09 | 0,55 | 0,18 | 0,4 | 0,22 | 0,14 |
| CV | 0,82 | 0,9 | 3,47 | 0,23 | 1,47 | 0,48 | 1,04 | 0,61 | 0,38 |
| Örnek Kodu | PD1.1 | PD1.2 | PD1.3 | PD1.4 | PD1.5 | PD1.6 | PD1.7 | PD1.8 | PD1.9 |
| Ortalama | 37,69 | 37,44 | 38,36 | 37,74 | 37,5 | 37,01 | 37,12 | 37,22 | 38,88 |
| SD | 0,36 | 0,29 | 0,4 | 0,15 | 0,28 | 0,11 | 0,13 | 0,24 | 0,32 |
| CV | 0,96 | 0,78 | 1,03 | 0,4 | 0,76 | 0,31 | 0,35 | 0,63 | 0,83 |
| Örnek Kodu | PD2.1 | PD2.2 | PD2.3 | PD2.4 | PD2.5 | PD2.6 | PD2.7 | PD2.8 | PD2.9 |
| Ortalama | 37,8 | 38,28 | 38,38 | 37,62 | 37,42 | 37,82 | 37,36 | 37,17 | 37,42 |
| SD | 0,24 | 0,28 | 0,2 | 0,25 | 0,28 | 0,42 | 0,31 | 0,27 | 0,32 |
| CV | 0,65 | 0,74 | 0,53 | 0,66 | 0,75 | 1,1 | 0,84 | 0,72 | 0,85 |
| Örnek Kodu | PD3.1 | PD3.2 | PD3.3 | PD3.4 | PD3.5 | PD3.6 | PD3.7 | PD3.8 | PD3.9 |
| Ortalama | 37,75 | 38,12 | 38,7 | 37,56 | 37,13 | 37,18 | 37,18 | 37,1 | 38,18 |
| SD | 0,44 | 0,45 | 0,58 | 0,5 | 0,67 | 0,45 | 0,31 | 0,49 | 0,68 |
| CV | 1,17 | 1,17 | 1,5 | 1,34 | 1,8 | 1,2 | 0,84 | 1,31 | 1,79 |

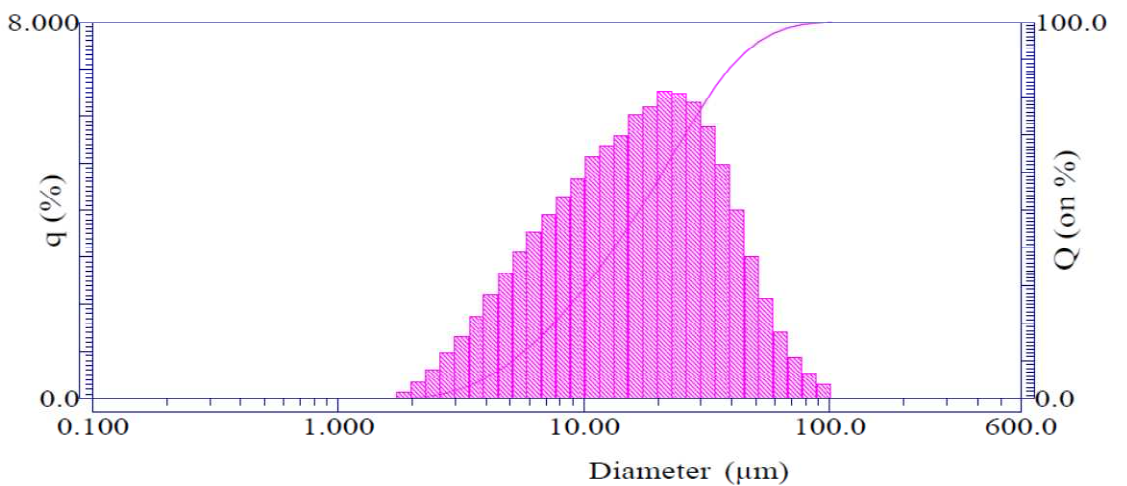
Çizelge 4.9 20, 25, 28 µm partikül büyüklüğündeki örneklerin parlaklık değerlerinin prebiyotik madde oranı ve konçlama süresi ile değişimi

| <i>Değer</i> | | Prebiyotik bileşen - 3.5 saat konçlama | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------|--|-------|-------|----------|------------------------------|-------|-------|----------|-------------------------------|-------|-------|
| Partikül Büyüklüğü | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | | |
| | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. |
| Prebiyotik Bileşen | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 5 | 36,60 ^b ±0,30 | 36,21 | 36,90 | 5 | 37,10 ^a ±0,087 | 37,01 | 37,22 | 5 | 38,34 ^a ±0,40 | 38,02 | 38,98 |
| % 12.0 Polidekstroz | 5 | 37,75 ^a ± 0,44 | 37,15 | 38,22 | 5 | 37,56 ^a ±0,50 | 37,07 | 38,12 | 5 | 37,18 ^b ±0,31 | 36,74 | 37,55 |
| % 9.0 İnülin | 5 | 37,49 ^a ± 0,44 | 36,95 | 38,11 | 5 | 37,26 ^a ±0,80 | 36,06 | 38,01 | 5 | 37,25 ^b ±0,51 | 36,46 | 37,72 |
| % 9.0 Polidekstroz | 5 | 37,80 ^a ± 0,24 | 37,45 | 38,06 | 5 | 37,62 ^a ±0,25 | 37,24 | 37,85 | 5 | 37,12 ^b ±0,31 | 36,99 | 37,78 |
| % 6.0 İnülin | 5 | 37,42 ^a ± 0,86 | 36,54 | 38,39 | 5 | 37,58 ^a ±0,58 | 36,97 | 38,29 | 5 | 36,95 ^b ±0,63 | 36,39 | 38,13 |
| % 6.0 Polidekstroz | 5 | 37,69 ^a ± 0,36 | 37,16 | 38,01 | 5 | 37,74 ^a ±0,15 | 37,52 | 37,89 | 5 | 37,36 ^b ±0,13 | 36,94 | 37,23 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 5 | 37,61 ^a ± 0,89 | 36,14 | 38,42 | 5 | 35,88 ^b ±1,02 | 34,75 | 37,37 | 5 | 35,65 ^c ±1,54 | 33,84 | 37,69 |
| <i>Değer</i> | | Prebiyotik bileşen - 4.0 saat konçlama | | | | | | | | | | |
| Partikül Büyüklüğü | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | | |
| | <i>n</i> | L (Ort. ± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort. ± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort. ± SD) | Min. | Max. |
| Prebiyotik Bileşen | <i>n</i> | L (Ort. ± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort. ± SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort. ± SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 5 | 36,63 ^a ±0,33 | 36,10 | 36,89 | 5 | 37,18 ^a ±0,55 | 36,40 | 37,94 | 5 | 36,24 ^b ±0,22 | 35,97 | 36,54 |
| % 12.0 Polidekstroz | 5 | 38,12 ^{ab} ±0,46 | 37,52 | 38,53 | 5 | 37,13 ^a ±0,67 | 36,05 | 37,85 | 5 | 37,10 ^a ±0,49 | 36,27 | 37,52 |
| % 9.0 İnülin | 5 | 37,52 ^{ab} ±0,96 | 36,12 | 38,51 | 5 | 37,28 ^a ±0,74 | 36,15 | 37,84 | 5 | 37,18 ^a ±0,29 | 36,87 | 37,52 |
| % 9.0 Polidekstroz | 5 | 38,28 ^a ±0,28 | 37,82 | 38,56 | 5 | 37,50 ^a ±0,28 | 37,10 | 37,65 | 5 | 37,17 ^a ±0,27 | 36,83 | 37,56 |
| % 6.0 İnülin | 5 | 37,93 ^{ab} ±0,60 | 37,16 | 38,75 | 5 | 37,37 ^a ±0,43 | 36,89 | 37,95 | 5 | 37,20 ^a ±0,58 | 36,38 | 37,84 |
| % 6.0 Polidekstroz | 5 | 37,44 ^{ab} ±0,29 | 37,16 | 37,87 | 5 | 37,50 ^a ±0,28 | 37,24 | 37,88 | 5 | 37,22 ^a ±0,24 | 37,00 | 37,62 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 5 | 37,38 ^{bc} ±0,56 | 36,82 | 38,02 | 5 | 35,65 ^b ±1,27 | 34,01 | 37,01 | 5 | 35,52 ^b ±0,48 | 34,98 | 36,08 |
| <i>Değer</i> | | Prebiyotik bileşen - 4.5 saat konçlama | | | | | | | | | | |
| Partikül Büyüklüğü | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | | |
| | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. |
| Prebiyotik Bileşen | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. | <i>n</i> | L (Ort.±SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 5 | 36,78 ^d ±1,28 | 34,87 | 38,23 | 5 | 36,85 ^b ±0,18 | 36,58 | 37,01 | 5 | 37,84 ^{bc} ±0,14 | 37,65 | 37,98 |
| % 12.0 Polidekstroz | 5 | 38,70 ^a ±0,58 | 38,12 | 39,48 | 5 | 37,18 ^{ab} ±0,45 | 36,47 | 37,65 | 5 | 38,18 ^{ab} ±0,69 | 37,03 | 38,78 |
| % 9.0 İnülin | 5 | 37,20 ^{cd} ±0,06 | 37,02 | 37,36 | 5 | 36,79 ^b ±0,40 | 36,1 | 37,03 | 5 | 37,01 ^d ±0,38 | 36,58 | 37,51 |
| % 9.0 Polidekstroz | 5 | 38,38 ^{ab} ±0,20 | 38,12 | 38,62 | 5 | 37,82 ^a ±0,42 | 37,45 | 38,5 | 5 | 37,42 ^{bcd} ±0,32 | 37,05 | 37,87 |
| % 6.0 İnülin | 5 | 37,75 ^{bc} ±0,49 | 36,93 | 38,15 | 5 | 36,54 ^b ±1,29 | 34,86 | 37,86 | 5 | 37,23 ^{cd} ±0,54 | 36,75 | 38,15 |
| % 6.0 Polidekstroz | 5 | 38,36 ^{ab} ±0,40 | 37,8 | 38,85 | 5 | 37,01 ^b ±0,12 | 36,82 | 37,01 | 5 | 38,88 ^a ±0,33 | 38,46 | 39,36 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 5 | 37,17 ^{cd} ±0,91 | 35,76 | 38,06 | 5 | 35,62 ^c ±0,53 | 34,97 | 36,12 | 5 | 34,94 ^e ±1,41 | 32,98 | 36,67 |

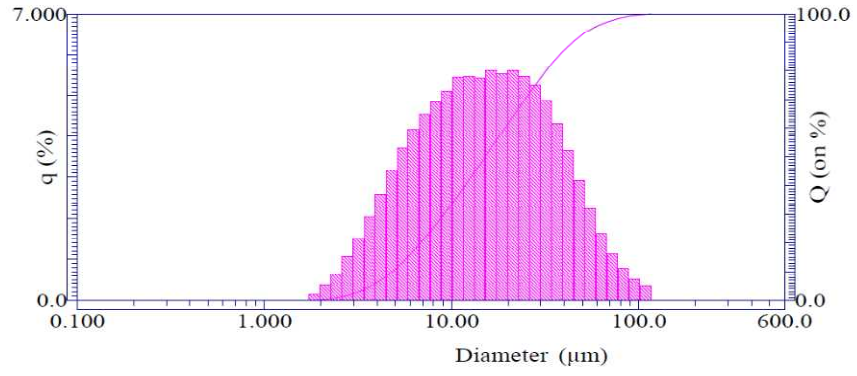
4.2.4 Partikül büyüklük dağılımı

Partikül büyüklük dağılımı ölçümlerden elde edilen veriler Mie modellemesi kullanılarak değerlendirilmiştir. Partikül büyüklük dağılımı değerleri, örnek hazırlama çalışmalarında gerçekleştirilen inceltme işleminin doğrulanmasına yönelik veri sağlamıştır. Ayrıca araştırmanın hedeflerinden birisinin de farklı partikül büyüklüklerine sahip örneklerin karşılaştırılması olması nedeni ile, bu karşılaştırmaların gerçekleştirilmesinde örneklerin tanımlanmasına yönelik değerlendirmenin yürütülmesine katkıda bulunmuştur. Örneklerin hazırlanması sırasında oluşturulan mixlerin gruplandırılması için başlıca veri, bu mixlerin bileşiminde yer alan prebiyotik madde türü (kontrol, inülin veya polidekstroz) ve bu maddelerin oranı (% 0.0, 6.0, 9.0 ve 12.0) olması nedeni ile partikül boyut dağılımı sonuçları, partikül boyutunun belirlendiği inceltme işlemi sonrasında gerçekleştirilen konçlama işleminin süresine bağlı olarak oluşan örnek grupları dikkate alınmadan değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım sonucu, 21 adet çikolata örneği grubu oluşturulmuş olup, bu örneklere ait, partikül boyut dağılımı analizi sonucu elde edilen median (μ), SP area (cm^2/cm^3), mean (μ) ve variance (μ^2) değerleri Çizelge 4.10'da yer almaktadır.

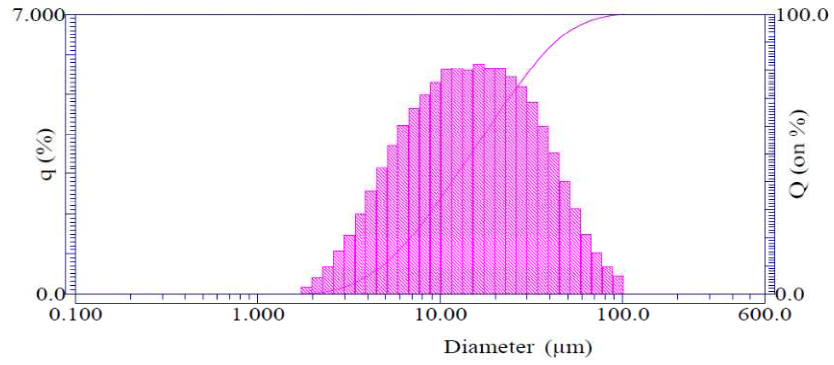
Her bir örnek için bu verilerin elde edilmesinde kullanılan grafikler aşağıda sunulmuştur:



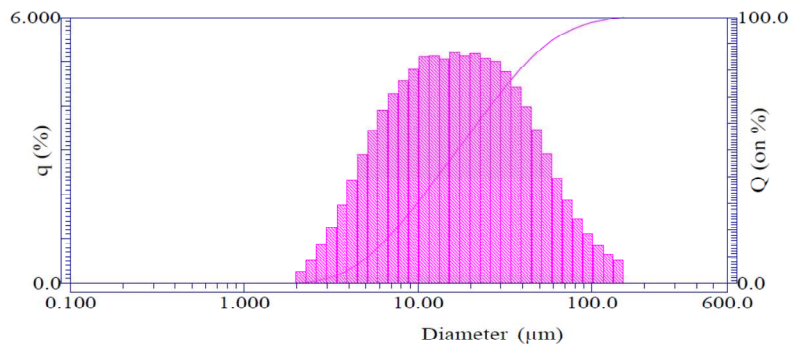
Şekil 4.3 20 μ m partikül büyüklüğü ve % 6.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



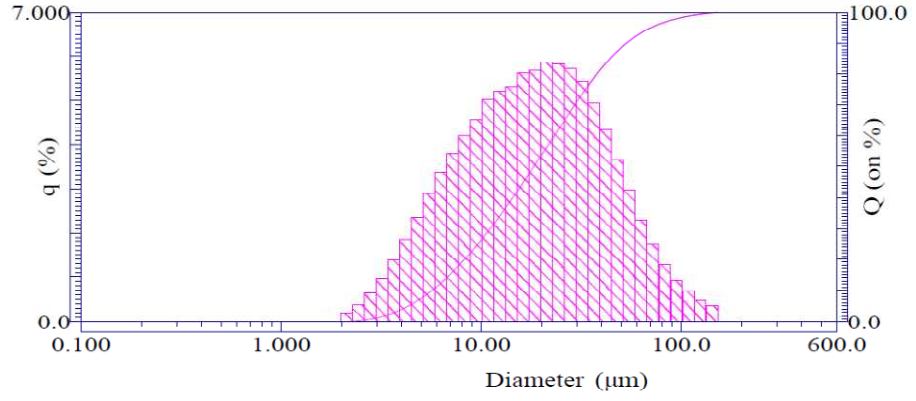
Şekil 4.4 20 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



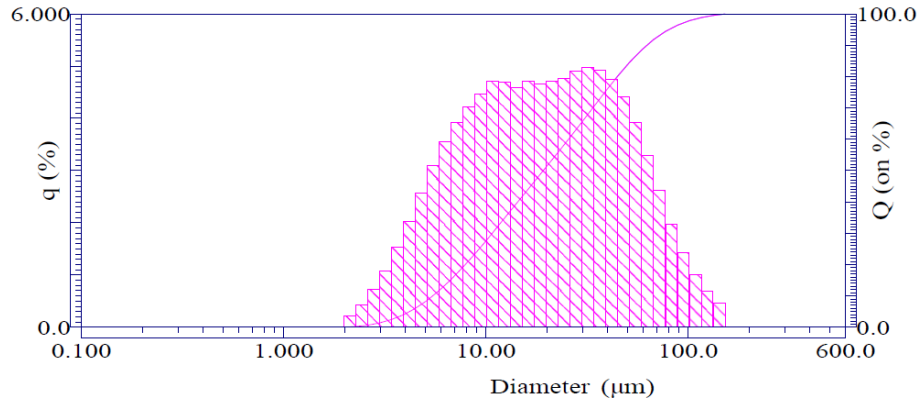
Şekil 4.5 20 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



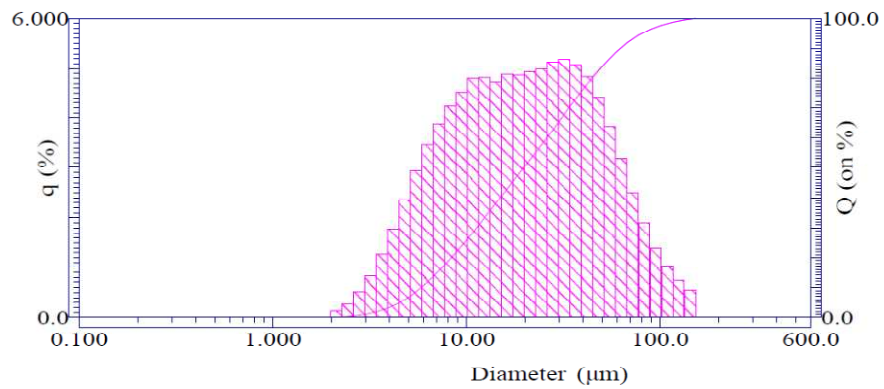
Şekil 4.6 25 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



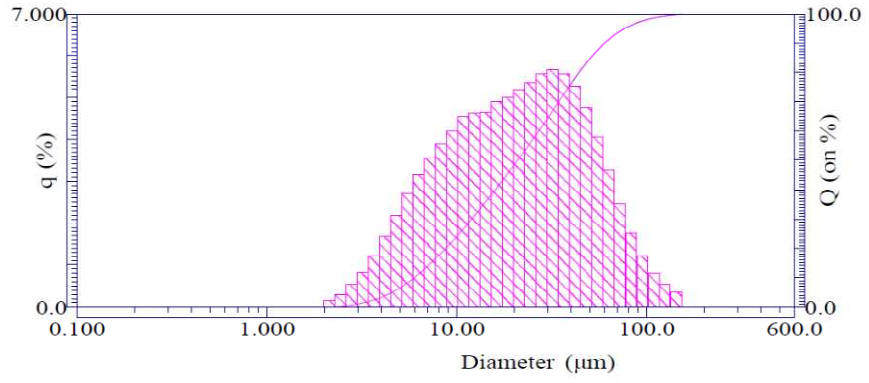
Şekil 4.7 25 μm partikül büyüklüğü ve % 9.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



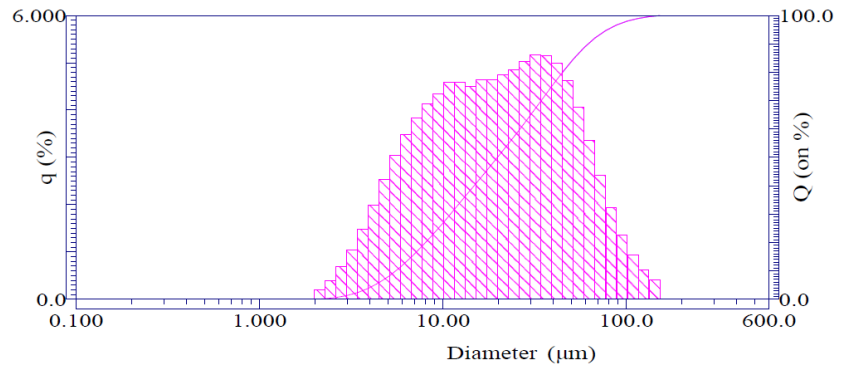
Şekil 4.8 25 μm partikül büyüklüğü ve % 12.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



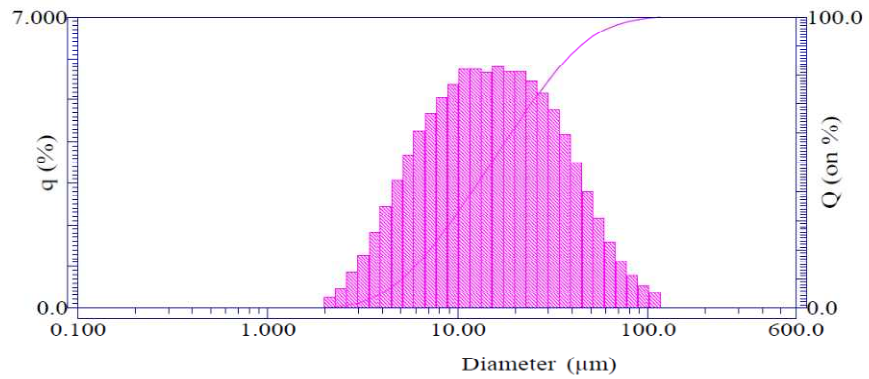
Şekil 4.9 28 μm partikül büyüklüğü ve % 6.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



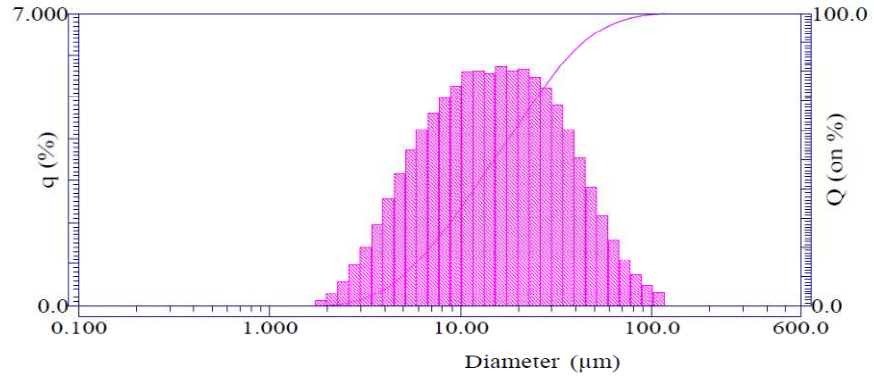
Şekil 4.10 28 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



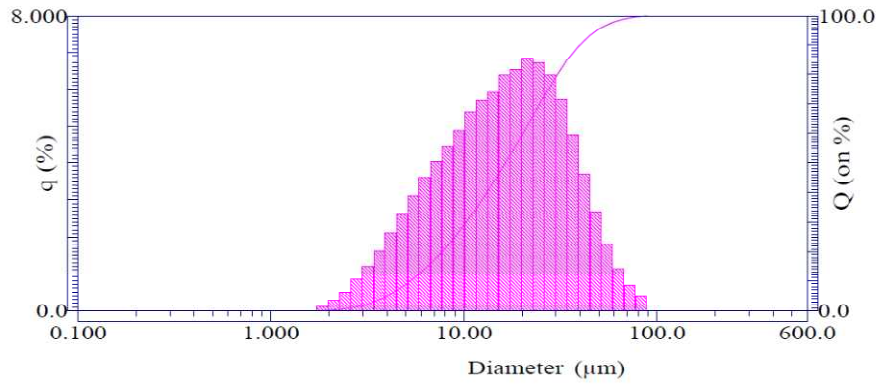
Şekil 4.11 28 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 inülin içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



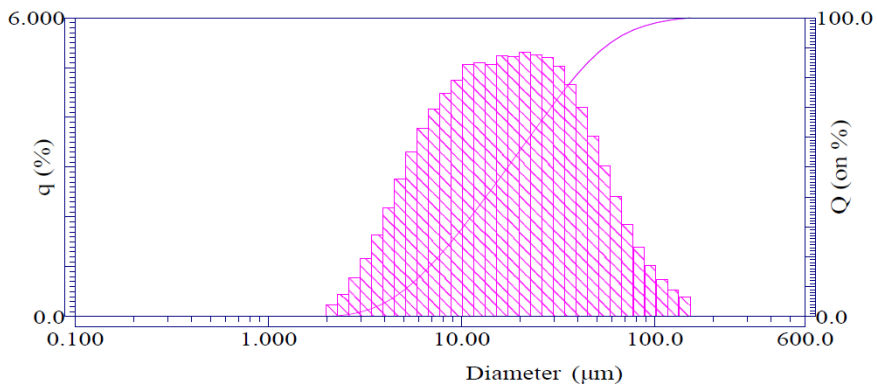
Şekil 4.12 20 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



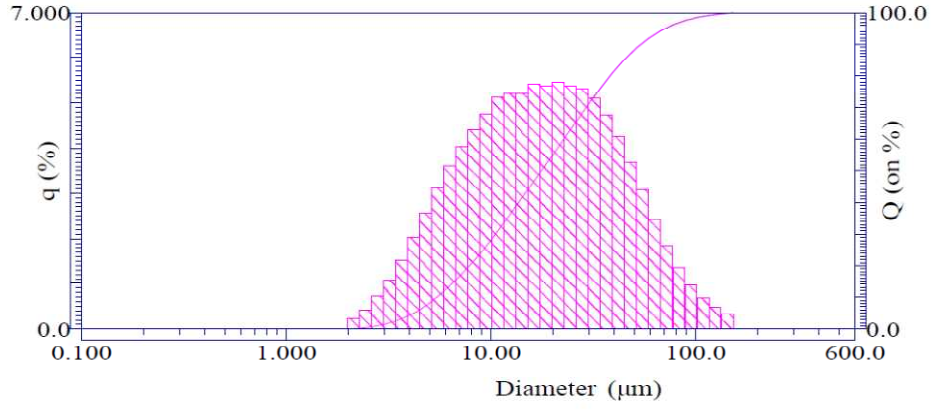
Şekil 4.13 20 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



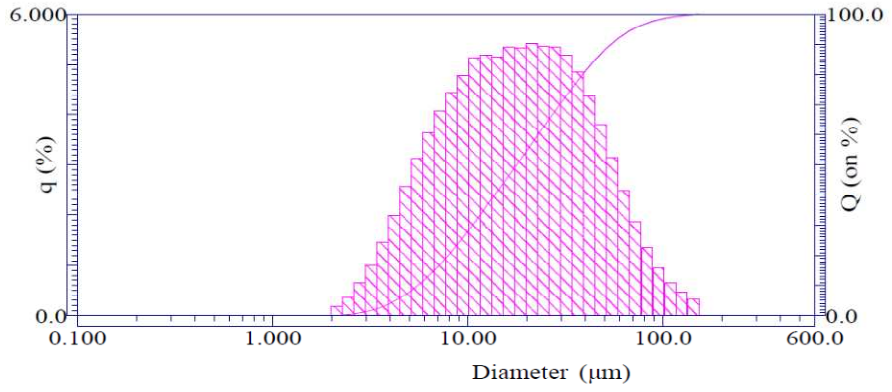
Şekil 4.14 20 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



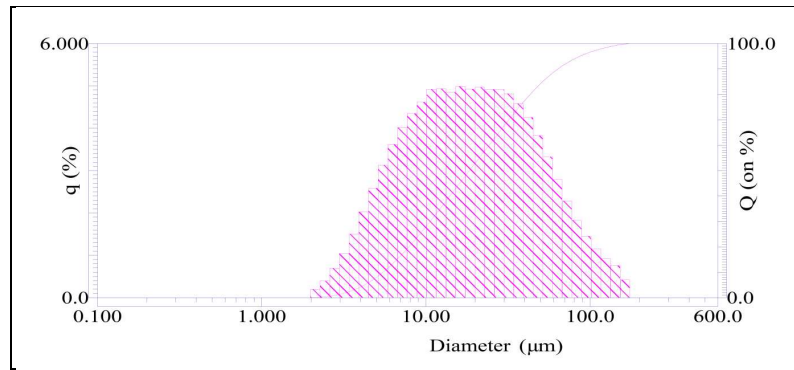
Şekil 4.15 25 µm partikül büyüklüğü ve % 6.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



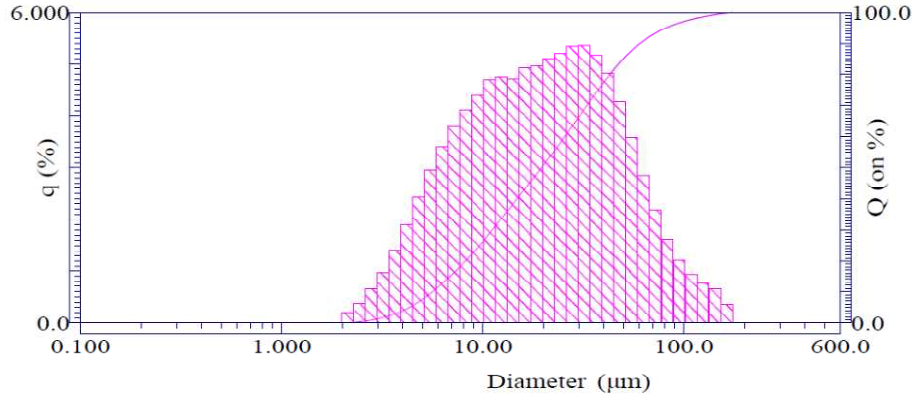
Şekil 4.16 25 μm partikül büyüklüğü ve % 9.0 polidexstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



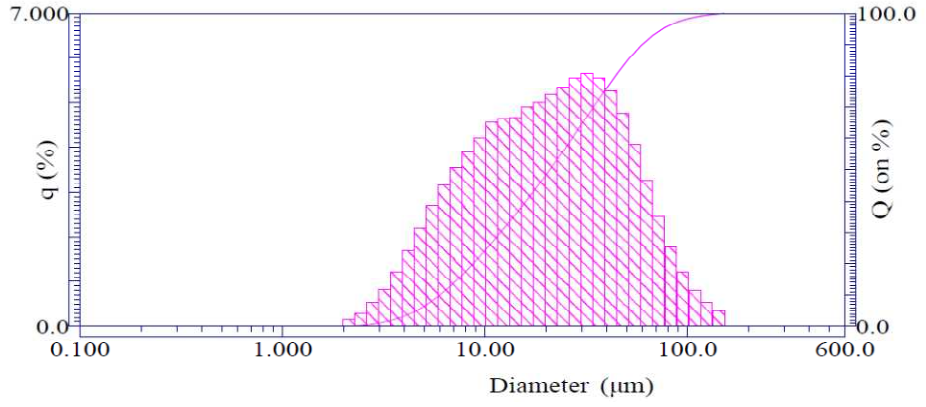
Şekil 4.17 25 μm partikül büyüklüğü ve % 12.0 polidexstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



Şekil 4.18 28 μm partikül büyüklüğü ve % 6.0 polidexstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



Şekil 4.19 28 µm partikül büyüklüğü ve % 9.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik



Şekil 4.20 28 µm partikül büyüklüğü ve % 12.0 polidekstroz içeren örneklerin partikül büyüklüğü hesaplanmasına ait grafik

Çizelge 4.10 Tüm çikolata örneklerine ait partikül büyüklük dağılımı analiz sonuçları

| Partikül Büyüklük Dağılımı | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Örnek Kodu | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| Median (μm) | 16,4059 | 16,4059 | 16,4059 | 18,9173 | 18,9173 | 18,9173 | 20,8775 | 20,8775 | 20,8775 |
| SP Area (cm^2/cm^3) | 5268,5 | 5268,5 | 5268,5 | 4879 | 4879 | 4879 | 4415,9 | 4415,9 | 4415,9 |
| Ortalama (μm) | 20,0549 | 20,0549 | 20,0549 | 25,3709 | 25,3709 | 25,3709 | 28,1107 | 28,1107 | 28,1107 |
| Varyans (μm^2) | 209,97 | 209,97 | 209,97 | 461,86 | 461,86 | 461,86 | 571,3 | 571,3 | 571,3 |
| SD | 14,4904 | 14,4904 | 14,4904 | 21,4908 | 21,4908 | 21,4908 | 23,902 | 23,902 | 23,902 |
| CV | 72,2537 | 72,2537 | 72,2537 | 84,7064 | 84,7064 | 84,7064 | 85,028 | 85,028 | 85,028 |
| Örnek Kodu | IN1.1 | IN1.2 | IN1.3 | IN1.4 | IN1.5 | IN1.6 | IN1.7 | IN1.8 | IN1.9 |
| Median (μm) | 16,775 | 16,775 | 16,775 | 16,7961 | 16,7961 | 16,7961 | 19,9485 | 19,9485 | 19,9485 |
| SP Area (cm^2/cm^3) | 5313,1 | 5313,1 | 5313,1 | 5188,7 | 5188,7 | 5188,7 | 4707,6 | 4707,6 | 4707,6 |
| Ortalama (μm) | 20,9062 | 20,9062 | 20,9062 | 25,0065 | 25,0065 | 25,0065 | 27,9606 | 27,9606 | 27,9606 |
| Varyans (μm^2) | 251,15 | 251,15 | 251,15 | 576,23 | 576,23 | 576,23 | 603,87 | 603,87 | 603,87 |
| SD | 15,8478 | 15,8478 | 15,8478 | 24,0048 | 24,0048 | 24,0048 | 24,5737 | 24,5737 | 24,5737 |
| CV | 75,8044 | 75,8044 | 75,8044 | 95,9944 | 95,9944 | 95,9944 | 87,887 | 87,887 | 87,887 |
| Örnek Kodu | IN2.1 | IN2.2 | IN2.3 | IN2.4 | IN2.5 | IN2.6 | IN2.7 | IN2.8 | IN2.9 |
| Median (μm) | 15,1018 | 15,1018 | 15,1018 | 18,3288 | 18,3288 | 18,3288 | 19,7406 | 19,7406 | 19,7406 |
| SP Area (cm^2/cm^3) | 5679,2 | 5679,2 | 5679,2 | 4768,4 | 4768,4 | 4768,4 | 4546,6 | 4546,6 | 4546,6 |
| Ortalama (μm) | 20,7175 | 20,7175 | 20,7175 | 25,1805 | 25,1805 | 25,1805 | 28,1999 | 28,1999 | 28,1999 |
| Varyans (μm^2) | 314,39 | 314,39 | 314,39 | 498,4 | 498,4 | 498,4 | 643,53 | 643,53 | 643,53 |
| SD | 17,731 | 17,731 | 17,731 | 22,3168 | 22,3168 | 22,3168 | 25,3678 | 25,3678 | 25,3678 |
| CV | 85,5845 | 85,5845 | 85,5845 | 88,6273 | 88,6273 | 88,6273 | 89,9571 | 89,9571 | 89,9571 |
| Örnek Kodu | IN3.1 | IN3.2 | IN3.3 | IN3.4 | IN3.5 | IN3.6 | IN3.7 | IN3.8 | IN3.9 |
| Median (μm) | 14,7214 | 14,7214 | 14,7214 | 17,7935 | 17,7935 | 17,7935 | 19,2215 | 19,2215 | 19,2215 |
| SP Area (cm^2/cm^3) | 5747,1 | 5747,1 | 5747,1 | 4978,3 | 4978,3 | 4978,3 | 4778 | 4778 | 4778 |
| Ortalama (μm) | 19,9372 | 19,9372 | 19,9372 | 25,1289 | 25,1289 | 25,1289 | 27,9069 | 27,9069 | 27,9069 |
| Varyans (μm^2) | 271,76 | 271,76 | 271,76 | 483,34 | 483,34 | 483,34 | 643,64 | 643,64 | 643,64 |
| SD | 16,485 | 16,485 | 16,485 | 21,985 | 21,985 | 21,985 | 25,37 | 25,37 | 25,37 |
| CV | 82,6849 | 82,6849 | 82,6849 | 87,4893 | 87,4893 | 87,4893 | 90,9092 | 90,9092 | 90,9092 |
| Örnek Kodu | PD1.1 | PD1.2 | PD1.3 | PD1.4 | PD1.5 | PD1.6 | PD1.7 | PD1.8 | PD1.9 |
| Median (μm) | 15,0294 | 15,0294 | 15,0294 | 17,316 | 17,316 | 17,316 | 18,4323 | 18,4323 | 18,4323 |
| SP Area (cm^2/cm^3) | 5496,9 | 5496,9 | 5496,9 | 5056,2 | 5056,2 | 5056,2 | 4815,7 | 4815,7 | 4815,7 |
| Ortalama (μm) | 20,6883 | 20,6883 | 20,6883 | 24,9692 | 24,9692 | 24,9692 | 28,1431 | 28,1431 | 28,1431 |
| Varyans (μm^2) | 312,4 | 312,4 | 312,4 | 534,19 | 534,19 | 534,19 | 769,81 | 769,81 | 769,81 |
| SD | 17,6749 | 17,6749 | 17,6749 | 23,1126 | 23,1126 | 23,1126 | 27,7454 | 27,7454 | 27,7454 |
| CV | 85,434 | 85,434 | 85,434 | 92,5646 | 92,5646 | 92,5646 | 98,5871 | 98,5871 | 98,5871 |
| Örnek Kodu | PD2.1 | PD2.2 | PD2.3 | PD2.4 | PD2.5 | PD2.6 | PD2.7 | PD2.8 | PD2.9 |
| Median (μm) | 15,1108 | 15,1108 | 15,1108 | 17,5926 | 17,5926 | 17,5926 | 19,8215 | 19,8215 | 19,8215 |
| SP Area (cm^2/cm^3) | 5411,6 | 5411,6 | 5411,6 | 4950 | 4950 | 4950 | 4700,7 | 4700,7 | 4700,7 |
| Ortalama (μm) | 20,3169 | 20,3169 | 20,3169 | 24,9474 | 24,9474 | 24,9474 | 28,034 | 28,034 | 28,034 |
| Varyans (μm^2) | 292,93 | 292,93 | 292,93 | 509,09 | 509,09 | 509,09 | 621,33 | 621,33 | 621,33 |
| SD | 17,1151 | 17,1151 | 17,1151 | 22,563 | 22,563 | 22,563 | 24,9265 | 24,9265 | 24,9265 |
| CV | 84,241 | 84,241 | 84,241 | 90,4421 | 90,4421 | 90,4421 | 88,9153 | 88,9153 | 88,9153 |
| Örnek Kodu | PD3.1 | PD3.2 | PD3.3 | PD3.4 | PD3.5 | PD3.6 | PD3.7 | PD3.8 | PD3.9 |
| Median (μm) | 14,9584 | 14,9584 | 14,9584 | 17,7619 | 17,7619 | 17,7619 | 19,5777 | 19,5777 | 19,5777 |
| SP Area (cm^2/cm^3) | 5634,5 | 5634,5 | 5634,5 | 4885,4 | 4885,4 | 4885,4 | 4663,8 | 4663,8 | 4663,8 |
| Ortalama (μm) | 20,5092 | 20,5092 | 20,5092 | 25,0783 | 25,0783 | 25,0783 | 28,0441 | 28,0441 | 28,0441 |
| Varyans (μm^2) | 305,52 | 305,52 | 305,52 | 505,54 | 505,54 | 505,54 | 694,8 | 694,8 | 694,8 |
| SD | 17,4792 | 17,4792 | 17,4792 | 22,4842 | 22,4842 | 22,4842 | 26,359 | 26,359 | 26,359 |
| CV | 85,2263 | 85,2263 | 85,2263 | 89,6561 | 89,6561 | 89,6561 | 93,9912 | 93,9912 | 93,9912 |

20 µm partikül büyüklüğüne sahip olması hedeflenen kontrol ile % 6.0, % 9.0, % 12.0 inülin ve % 6.0, % 9.0, % 12.0 polidekstroz içeren örnekler için ortalama partikül büyüklükleri sırası ile 20.05, 20.91, 20.71, 19.93, 20.69, 20.32 ve 20.51 µm olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin 25 µm partikül büyüklüğü hedeflenen örnekler için ise sırasıyla 25.37, 25.01, 25.18, 25.13, 24.97, 24.95 ve 25.08 µm olduğu hesaplanmıştır. Aynı gruplandırma ve sıra ile incelediğimizde, 28 µm partikül büyüklüğü dikkate alınarak hazırlanan örneklerin ise 28.11, 27.96, 28.20, 27.91, 28.14, 28.03 ve 28.04 µm ortalama partikül büyüklüğüne sahip oldukları belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında tüm örneklerin tanımlanmalarında kullanılan partikül boyut değerinin doğrulandığı ifade edilebilir.

Ayrıca çikolata mixlerinin hazırlanmasında kullanılan prebiyotik maddelerden gerek inülinin, gerekse de polidekstrozun, araştırma kapsamındaki oranlarda kullanımı halinde refining işleminin etkinliği üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığı ve hedef partikül büyüklük dağılımına ulaşmayı engellemediği sonucuna ulaşılmıştır.

4.2.5 Kül Tayini

Çikolata örneklerine ait kül analizi sonuçlarının ortalama değerleri, standart sapma değerleri (SD) ve korelasyon değerleri (CV) çizelge 4.11’de verilmiştir.

Kül bakımından yapılan varyans analizi sonucunda partikül boyutu ve prebiyotik bileşen faktörlerinin ikili interaksyonları (PBOYUTxPREB) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$) (Çizelge 4.12)

Çizelge 4.11 Tüm çikolata örneklerine ait kül analizinden elde edilen sonuçlar

| Kül (%) | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Örnek Kodu | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| Ortalama | 1,85 | 1,8 | 1,78 | 1,77 | 1,79 | 1,76 | 1,85 | 1,74 | 1,61 |
| SD | 0,089 | 0,046 | 0,04 | 0,056 | 0,017 | 0,044 | 0,026 | 0,011 | 0,082 |
| CV | 4,804 | 2,546 | 2,247 | 3,146 | 0,968 | 2,477 | 1,43 | 0,605 | 5,084 |
| Örnek Kodu | IN1.1 | IN1.2 | IN1.3 | IN1.4 | IN1.5 | IN1.6 | IN1.7 | IN1.8 | IN1.9 |
| Ortalama | 1,63 | 1,65 | 1,59 | 1,66 | 1,68 | 1,62 | 1,85 | 1,82 | 1,87 |
| SD | 0,036 | 0,044 | 0,083 | 0,062 | 0,036 | 0,061 | 0,056 | 0,105 | 0,104 |
| CV | 2,212 | 2,642 | 5,248 | 3,762 | 2,146 | 3,755 | 3,01 | 5,789 | 5,583 |
| Örnek Kodu | IN2.1 | IN2.2 | IN2.3 | IN2.4 | IN2.5 | IN2.6 | IN2.7 | IN2.8 | IN2.9 |
| Ortalama | 1,6 | 1,62 | 1,57 | 1,48 | 1,42 | 1,49 | 1,72 | 1,74 | 1,71 |
| SD | 0,101 | 0,125 | 0,04 | 0,066 | 0,079 | 0,061 | 0,092 | 0,056 | 0,082 |
| CV | 6,343 | 7,71 | 2,548 | 4,431 | 5,59 | 4,082 | 5,329 | 3,2 | 4,787 |
| Örnek Kodu | IN3.1 | IN3.2 | IN3.3 | IN3.4 | IN3.5 | IN3.6 | IN3.7 | IN3.8 | IN3.9 |
| Ortalama | 1,65 | 1,64 | 1,61 | 1,31 | 1,34 | 1,32 | 1,61 | 1,68 | 1,64 |
| SD | 0,046 | 0,07 | 0,082 | 0,07 | 0,056 | 0,061 | 0,062 | 0,056 | 0,046 |
| CV | 2,777 | 4,268 | 5,084 | 5,344 | 4,155 | 4,608 | 3,879 | 3,314 | 2,794 |
| Örnek Kodu | PD1.1 | PD1.2 | PD1.3 | PD1.4 | PD1.5 | PD1.6 | PD1.7 | PD1.8 | PD1.9 |
| Ortalama | 1,815 | 1,82 | 1,78 | 1,555 | 1,78 | 1,83 | 1,795 | 1,81 | 1,8 |
| SD | 0,124 | 0,046 | 0,066 | 0,083 | 0,08 | 0,095 | 0,084 | 0,044 | 0,085 |
| CV | 6,821 | 2,518 | 3,684 | 5,352 | 4,494 | 5,213 | 4,686 | 2,408 | 4,747 |
| Örnek Kodu | PD2.1 | PD2.2 | PD2.3 | PD2.4 | PD2.5 | PD2.6 | PD2.7 | PD2.8 | PD2.9 |
| Ortalama | 1,75 | 1,72 | 1,71 | 1,665 | 1,73 | 1,71 | 1,75 | 1,67 | 1,65 |
| SD | 0,087 | 0,135 | 0,066 | 0,03 | 0,062 | 0,085 | 0,056 | 0,072 | 0,092 |
| CV | 4,982 | 7,822 | 3,835 | 1,827 | 3,61 | 4,996 | 3,182 | 4,318 | 5,555 |
| Örnek Kodu | PD3.1 | PD3.2 | PD3.3 | PD3.4 | PD3.5 | PD3.6 | PD3.7 | PD3.8 | PD3.9 |
| Ortalama | 1,66 | 1,6 | 1,61 | 1,675 | 1,67 | 1,655 | 1,65 | 1,63 | 1,66 |
| SD | 0,066 | 0,151 | 0,085 | 0,056 | 0,036 | 0,068 | 0,078 | 0,053 | 0,061 |
| CV | 3,95 | 9,458 | 5,307 | 3,364 | 2,159 | 4,087 | 4,733 | 3,246 | 3,664 |

Çizelge 4.12 Tüm çikolata örneklerinin kül analizi değerlerine ait istatistiksel değerlendirme sonuçları

| Partikül Büyükülüğü | 20 µm | | | | 25 µm | | | | 28 µm | | | |
|---------------------------------|-------|------------------------------|------|------|-------|-------------------------------|------|------|-------|-------------------------------|------|------|
| | n | Kül (Ort.± SD) | Min. | Max. | n | Kül (Ort.± SD) | Min. | Max. | n | Kül (Ort.± SD) | Min. | Max. |
| %12.0 İnülin | 9 | 1,633 ^c ±0,061 | 1,52 | 1,72 | 9 | 1,323 ^d ±0,056 | 1,26 | 1,4 | 9 | 1,643 ^d ±0,057 | 1,56 | 1,73 |
| %12.0 Polidekstroz | 9 | 1,6233 ^c ±0,10 | 1,43 | 1,72 | 9 | 1,667 ^b ±0,049 | 1,59 | 1,74 | 9 | 1,647 ^{cd} ±0,058 | 1,59 | 1,74 |
| %9.0 İnülin | 9 | 1,597 ^c ±0,086 | 1,51 | 1,76 | 9 | 1,463 ^c ±0,068 | 1,36 | 1,54 | 9 | 1,723 ^{bc} ±0,069 | 1,62 | 1,8 |
| %9.0 Polidekstroz | 9 | 1,727 ^b ±0,089 | 1,57 | 1,83 | 9 | 1,702 ^{ab} ±0,062 | 1,62 | 1,8 | 9 | 1,69 ^{bcd} ±0,080 | 1,55 | 1,81 |
| %6.0 İnülin | 9 | 1,623 ^c ±0,057 | 1,51 | 1,7 | 9 | 1,653 ^b ±0,054 | 1,58 | 1,72 | 9 | 1,847 ^a ±0,082 | 1,72 | 1,94 |
| %6.0 Polidekstroz | 9 | 1,805 ^a ±0,076 | 1,68 | 1,91 | 9 | 1,722 ^{ab} ±0,147 | 1,5 | 1,92 | 9 | 1,802 ^a ±0,064 | 1,7 | 1,89 |
| %0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 9 | 1,810 ^a ±0,062 | 1,74 | 1,92 | 9 | 1,773 ^a ±0,039 | 1,71 | 1,83 | 9 | 1,733 ^b ±0,113 | 1,52 | 1,87 |

4.2.6 Nem tayini

Çikolata örneklerine ait nem analizi sonuçları, ortalama değerleri, standart sapma değerleri (SD) ve korelasyon değerleri (CV) çizelge 4.13’de verilmiştir.

İstatistiksel değerlendirme sonunda, nem bakımından yapılan varyans analizi sonucunda partikül boyutu, prebiyotik bileşen ve konçlama süresi faktörleri ve bu faktörlerin ikili interaksyonları (PBOYUTxKSURE, PBOYUTxPREB, KSURExPREB) istatistiksel olarak önemli bulunmazken, bu faktörlerin üçlü interaksyonu (PBOYUTxPREBxKSURE) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Kontrol örnekleri ile prebiyotik bileşen içeren örneklerin nem oranı arasında önemli bir fark bulunmuş olup prebiyotik bileşen içeren örneklere ait nem oranının kontrol örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13 Tüm çikolata örneklerine ait nem analizi sonuçları

| Nem (%) | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Örnek Kodu | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| Ortalama | 1,38 | 1,42 | 1,35 | 1,29 | 1,39 | 1,34 | 1,53 | 1,96 | 1,84 |
| SD | 0,046 | 0,082 | 0,053 | 0,072 | 0,07 | 0,059 | 0,072 | 0,101 | 0,072 |
| CV | 3,321 | 5,764 | 3,92 | 5,59 | 5,036 | 4,373 | 4,713 | 5,178 | 3,919 |
| Örnek Kodu | IN1.1 | IN1.2 | IN1.3 | IN1.4 | IN1.5 | IN1.6 | IN1.7 | IN1.8 | IN1.9 |
| Ortalama | 1,88 | 1,78 | 2,05 | 2,03 | 1,98 | 2,18 | 2,19 | 2,42 | 1,99 |
| SD | 0,087 | 0,089 | 0,062 | 0,085 | 0,07 | 0,154 | 0,131 | 0,269 | 0,175 |
| CV | 4,637 | 4,993 | 3,046 | 4,209 | 3,535 | 7,062 | 5,971 | 11,111 | 8,805 |
| Örnek Kodu | IN2.1 | IN2.2 | IN2.3 | IN2.4 | IN2.5 | IN2.6 | IN2.7 | IN2.8 | IN2.9 |
| Ortalama | 1,91 | 1,96 | 1,68 | 1,77 | 1,8 | 1,77 | 2,16 | 1,81 | 2,01 |
| SD | 0,07 | 0,05 | 0,046 | 0,044 | 0,171 | 0,092 | 0,089 | 0,131 | 0,044 |
| CV | 3,665 | 2,551 | 2,728 | 2,463 | 9,493 | 5,178 | 4,115 | 7,225 | 2,169 |
| Örnek Kodu | IN3.1 | IN3.2 | IN3.3 | IN3.4 | IN3.5 | IN3.6 | IN3.7 | IN3.8 | IN3.9 |
| Ortalama | 2,32 | 2,2 | 1,95 | 2,34 | 1,62 | 1,64 | 1,71 | 1,65 | 2,11 |
| SD | 0,183 | 0,185 | 1,151 | 0,687 | 0,095 | 0,044 | 0,036 | 0,089 | 0,187 |
| CV | 7,901 | 8,418 | 59,028 | 29,357 | 5,889 | 2,658 | 2,109 | 5,387 | 8,879 |
| Örnek Kodu | PD1.1 | PD1.2 | PD1.3 | PD1.4 | PD1.5 | PD1.6 | PD1.7 | PD1.8 | PD1.9 |
| Ortalama | 1,59 | 1,89 | 1,74 | 1,6 | 1,93 | 1,42 | 1,35 | 1,58 | 1,58 |
| SD | 0,157 | 0,044 | 0,053 | 0,026 | 0,036 | 0,026 | 0,053 | 0,026 | 0,056 |
| CV | 9,884 | 2,306 | 3,041 | 1,654 | 1,868 | 1,863 | 3,92 | 1,675 | 3,524 |
| Örnek Kodu | PD2.1 | PD2.2 | PD2.3 | PD2.4 | PD2.5 | PD2.6 | PD2.7 | PD2.8 | PD2.9 |
| Ortalama | 1,79 | 1,75 | 1,7 | 1,98 | 1,96 | 1,9 | 1,41 | 1,8 | 1,62 |
| SD | 0,062 | 0,036 | 0,026 | 0,062 | 0,044 | 0,079 | 0,036 | 0,035 | 0,053 |
| CV | 3,489 | 2,06 | 1,556 | 3,154 | 2,224 | 4,178 | 2,557 | 1,925 | 3,266 |
| Örnek Kodu | PD3.1 | PD3.2 | PD3.3 | PD3.4 | PD3.5 | PD3.6 | PD3.7 | PD3.8 | PD3.9 |
| Ortalama | 1,67 | 1,54 | 1,83 | 1,6 | 1,84 | 1,53 | 1,91 | 2,02 | 1,59 |
| SD | 0,044 | 0,026 | 0,056 | 0,053 | 0,02 | 0,056 | 0,141 | 0,062 | 0,095 |
| CV | 2,61 | 1,718 | 3,042 | 3,307 | 1,087 | 3,639 | 7,386 | 3,092 | 3,56 |

Çizelge 4.14 Nem tayini istatistiksel değerlendirme sonuçları

| Prebiyotik bileşen - 3.5 saat sonuçlama | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----------------------------|------|-------|---|-----------------------------|-------|------|---|-----------------------------|------|------|
| Değer | | | | | | | | | | | | |
| Partikül | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | | |
| Büyüklüğü | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 3 | 2,32 ^a ±0,183 | 2,12 | 2,48 | 3 | 2,340 ^a ±0,69 | 1,57 | 2,89 | 3 | 1,710 ^{bc} ±0,036 | 1,68 | 1,75 |
| % 12.0 Polidekstroz | 3 | 1,67 ^b ±0,044 | 1,62 | 1,7 | 3 | 1,600 ^{cd} ±0,053 | 1,56 | 1,66 | 3 | 1,910 ^{ab} ±0,141 | 1,78 | 2,06 |
| % 9.0 İnülin | 3 | 1,910 ^b ±0,070 | 1,84 | 1,98 | 3 | 1,770 ^{bc} ±0,044 | 1,72 | 1,80 | 3 | 2,160 ^a ±0,089 | 2,06 | 2,23 |
| % 9.0 Polidekstroz | 3 | 1,790 ^b ±0,062 | 1,72 | 1,84 | 3 | 1,980 ^b ±0,062 | 1,93 | 2,05 | 3 | 1,410 ^{cd} ±0,036 | 1,38 | 1,45 |
| % 6.0 İnülin | 3 | 1,880 ^b ±0,0872 | 1,82 | 1,98 | 3 | 2,030 ^{ab} ±0,085 | 1,95 | 2,12 | 3 | 2,190 ^a ±0,131 | 2,04 | 2,28 |
| % 6.0 Polidekstroz | 3 | 1,590 ^{bc} ±0,157 | 1,42 | 1,73 | 3 | 1,600 ^{cd} ±0,027 | 1,58 | 1,63 | 3 | 1,350 ^d ±0,053 | 1,31 | 1,41 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 3 | 1,380 ^c ±0,046 | 1,33 | 1,42 | 3 | 1,290 ^d ±0,072 | 1,23 | 1,37 | 3 | 1,530 ^{cd} ±0,072 | 1,45 | 1,59 |
| Prebiyotik bileşen - 4.0 saat sonuçlama | | | | | | | | | | | | |
| Değer | | | | | | | | | | | | |
| Partikül | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | | |
| Büyüklüğü | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 3 | 2,200 ^a ±0,185 | 2,06 | 2,41 | 3 | 1,620 ^{bc} ±0,095 | 1,52 | 1,71 | 3 | 1,650 ^{cd} ±0,089 | 1,55 | 1,72 |
| % 12.0 Polidekstroz | 3 | 1,540 ^{cd} ±0,027 | 1,51 | 1,56 | 3 | 1,840 ^{ab} ±0,020 | 1,82 | 1,86 | 3 | 2,020 ^b ±0,062 | 1,95 | 2,07 |
| % 9.0 İnülin | 3 | 1,960 ^{ab} ±0,050 | 1,91 | 2,01 | 3 | 1,800 ^{ab} ±0,171 | 1,62 | 1,96 | 3 | 1,810 ^{bcd} ±0,131 | 1,72 | 1,96 |
| % 9.0 Polidekstroz | 3 | 1,750 ^{bc} ±0,036 | 1,71 | 1,78 | 3 | 1,960 ^{ab} ±0,044 | 1,91 | 1,99 | 3 | 1,800 ^{bcd} ±0,035 | 1,76 | 1,82 |
| % 6.0 İnülin | 3 | 1,780 ^{bc} ±0,089 | 1,71 | 1,88 | 3 | 1,980 ^a ±0,070 | 1,91 | 2,05 | 3 | 2,420 ^a ±0,269 | 2,11 | 2,59 |
| % 6.0 Polidekstroz | 3 | 1,890 ^{ab} ±0,044 | 1,84 | 1,92 | 3 | 1,930 ^{ab} ±0,036 | 1,89 | 1,96 | 3 | 1,580 ^d ±0,027 | 1,56 | 1,61 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 3 | 1,420 ^d ±0,082 | 1,35 | 1,51 | 3 | 1,390 ^c ±0,070 | 1,31 | 1,44 | 3 | 1,960 ^{bc} ±0,102 | 1,85 | 2,05 |
| Prebiyotik bileşen - 4.5 saat sonuçlama | | | | | | | | | | | | |
| Değer | | | | | | | | | | | | |
| Partikül | 20 µm | | | 25 µm | | | 28 µm | | | | | |
| Büyüklüğü | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. | n | Nem (Ort.±SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 3 | 1,950 ^{ab} ±1,510 | 1,00 | 3,23 | 3 | 1,640 ^{bcd} ±0,044 | 1,59 | 1,67 | 3 | 2,110 ^a ±0,187 | 1,96 | 2,32 |
| % 12.0 Polidekstroz | 3 | 1,830 ^{ab} ±0,056 | 1,78 | 1,89 | 3 | 1,530 ^{cd} ±0,056 | 1,48 | 1,59 | 3 | 1,590 ^b ±1,49 | 1,49 | 1,68 |
| % 9.0 İnülin | 3 | 1,680 ^b ±0,046 | 1,63 | 1,72 | 3 | 1,770 ^{bc} ±0,092 | 1,69 | 1,87 | 3 | 2,010 ^a ±0,044 | 1,98 | 2,06 |
| % 9.0 Polidekstroz | 3 | 1,700 ^b ±0,027 | 1,67 | 1,72 | 3 | 1,900 ^{ab} ±0,079 | 1,84 | 1,99 | 3 | 1,620 ^b ±0,053 | 1,58 | 1,68 |
| % 6.0 İnülin | 3 | 2,050 ^a ±1,980 | 1,98 | 2,10 | 3 | 2,180 ^a ±0,154 | 2,01 | 2,31 | 3 | 1,990 ^a ±0,175 | 1,82 | 2,17 |
| % 6.0 Polidekstroz | 3 | 1,740 ^{ab} ±0,053 | 1,70 | 1,80 | 3 | 1,420 ^d ±0,027 | 1,40 | 1,45 | 3 | 1,580 ^b ±0,056 | 1,52 | 1,63 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 3 | 1,350 ^c ±0,053 | 1,29 | 1,39 | 3 | 1,343 ^d ±0,059 | 1,30 | 1,41 | 3 | 1,840 ^{ab} ±1,76 | 1,76 | 1,90 |

Yüksek nem içeriği, şeker partiküllerinin topaklanması ile kumsu ve topaklı bir yapı oluşmasına neden olmakta ve şeker partiküllerinin yüzeyindeki nem sürtünmeyi ve mutlak viskoziteyi arttırmaktadır (Afoakwa 2010).

Analiz sonucunda prebiyotik bileşen içeren çikolata örneklerinin nem içeriğinin benzer olup % 1.35 ile % 2.42 arasında değiştiği belirlenmiştir. Literatürde yer alan bilgi ise erimiş çikolatanın nem içeriğinin genellikle % 0.5-1.5 arasında olduğu şeklindedir. Ayrıca çikolatada, % 3-4 nem oranının viskozite ve yield stres değerini fark edilir oranda arttırdığı, nem artışı ile viskozite değerinin % 20 kadar arttığı ve sulu faz meydana geldiği bilinmektedir (Afoakwa 2010). Bu doğrultuda, çalışmada elde edilen prebiyotik bileşen içeren örneklere ait nem aralığının, çikolatanın diğer özelliklerini olumsuz yönde etkilemeyecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

4.2.7 Su aktivitesi

Çizelge 4.15’de çikolata örneklerine ait su aktivitesi analizi sonuçlarının ortalama değerleri, standart sapma değerleri (SD) ve korelasyon değerleri (CV) verilmiştir.

Su Aktivitesi bakımından yapılan varyans analizi sonucunda partikül boyutu ve prebiyotik bileşen faktörlerinin ikili interaksyonu (PBOYUTxPREB) ve konçlama süresi (KSURE) faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$).

Su aktivitesi (a_w), çikolata raf ömrü açısından önem taşıyan bir parametredir (Sökmen ve Güneş 2006). Endüstriyel üretimde kullanılan bileşimler esas alınarak elde edilmiş olan kontrol örneklerinin su aktivitesi değerleri, tüm örneklere ait su aktivitesi değerlerinin yer aldığı Çizelge incelendiğinde de görülebileceği gibi $0.343 \pm 0.027 - 0.301 \pm 0.026$ aralığında değişim göstermekte olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneklerinde aynı partikül boyutunda hazırlananlar için ($n=3$) konçlama süresinin artışı ile ortalama a_w değerinde düşüş görülmesi dikkat çekici bulunmuştur. Ayrıca tüm örneklerde ($n=63$) üç farklı konçlama süresinde her bir grubun ortalama a_w değerleri karşılaştırıldığında, yine konçlama süresi ile artış gerçekleştiği ve meydana gelen bu artışın istatistiksel olarak da önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$) (çizelge 4.17).

Çalışma kapsamındaki örneklerde, aw değeri üzerinde etkili olduğu belirlenen bir diğer parametrenin ise prebiyotik bileşen düzeyi olduğu ortaya konmuş olup, aynı partikül boyutuna sahip örneklerde, farklı prebiyotik maddeleri aynı oranda içeren örneklerin aw değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Yine aynı partikül boyutuna sahip örnekler arasında, özellikle % 9.0 inülin içeren örneklerin kontrol örneği ile aw değerleri açısından istatistiksel olarak önemli olmayan bir farkı olmadığı belirlenmiştir.

Su aktivitesi (aw), çikolata raf ömrü açısından önem taşıyan bir parametredir. Endüstriyel üretimde kullanılan bileşimler esas alınarak elde edilmiş olan kontrol örneklerinin su aktivitesi değerleri, tüm örneklere ait su aktivitesi değerlerinin yer aldığı Çizelge 4.15. incelendiğinde de görülebileceği gibi $0.343 \pm 0.027 - 0.301 \pm 0.026$ aralığında değişim göstermekte olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneklerinde aynı partikül boyutunda hazırlananlar için (n=3) konçlama süresinin artışı ile ortalama aw değerinde düşüş görülmesi dikkat çekici bulunmuştur. Ayrıca tüm örneklerde (n=63) üç farklı konçlama süresinde her bir grubun ortalama aw değerleri karşılaştırıldığında, yine konçlama süresi ile artış gerçekleştiği ve meydana gelen bu artışın istatistiksel olarak da önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$) (Çizelge 4.17).

Çalışma kapsamındaki örneklerde, aw değeri üzerinde etkili olduğu belirlenen bir diğer parametrenin ise prebiyotik bileşen düzeyi olduğu ortaya konmuş olup, aynı partikül boyutuna sahip örneklerde, farklı prebiyotik maddeleri aynı oranda içeren örneklerin aw değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Yine aynı partikül boyutuna sahip örnekler arasında, özellikle % 9.0 inülin içeren örneklerin kontrol örneği ile aw değerleri açısından istatistiksel olarak önemli olmayan bir farkı olmadığı belirlenmiştir.

Prebiyotik bileşen düzeyleri (% 0.0, 6.0, 9.0, 12.0) aynı olan her örnek grubunda (n=9) ise, partikül boyutunda değişim ile su aktivitesi değerlerinde meydana gelen değişimlerin % 6.0 inülin içeren gruba ait örnekler dışında istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$) (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15 Tüm çikolata örneklerine ait su aktivitesi analiz sonuçları

| Su Aktivitesi | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Örnek Kodu | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K9 |
| Ortalama | 0,343 | 0,338 | 0,327 | 0,339 | 0,321 | 0,301 | 0,338 | 0,337 | 0,335 |
| SD | 0,027 | 0,004 | 0,041 | 0,031 | 0,015 | 0,003 | 0,015 | 0,023 | 0,021 |
| CV | 7,861 | 1,067 | 12,605 | 9,001 | 4,714 | 0,879 | 4,358 | 6,844 | 6,168 |
| Örnek Kodu | IN1.1 | IN1.2 | IN1.3 | IN1.4 | IN1.5 | IN1.6 | IN1.7 | IN1.8 | IN1.9 |
| Ortalama | 0,331 | 0,314 | 0,301 | 0,322 | 0,325 | 0,318 | 0,332 | 0,324 | 0,319 |
| SD | 0,007 | 0,013 | 0,003 | 0,014 | 0,017 | 0,012 | 0,032 | 0,016 | 0,024 |
| CV | 2,115 | 4,177 | 0,879 | 4,403 | 5,338 | 3,928 | 9,492 | 4,967 | 7,659 |
| Örnek Kodu | IN2.1 | IN2.2 | IN2.3 | IN2.4 | IN2.5 | IN2.6 | IN2.7 | IN2.8 | IN2.9 |
| Ortalama | 0,337 | 0,335 | 0,336 | 0,317 | 0,31 | 0,305 | 0,331 | 0,323 | 0,32 |
| SD | 0,033 | 0,021 | 0,014 | 0,012 | 0,006 | 0,009 | 0,017 | 0,037 | 0,017 |
| CV | 9,702 | 6,233 | 4,198 | 3,638 | 1,796 | 2,858 | 5,268 | 11,35 | 5,331 |
| Örnek Kodu | IN3.1 | IN3.2 | IN3.3 | IN3.4 | IN3.5 | IN3.6 | IN3.7 | IN3.8 | IN3.9 |
| Ortalama | 0,324 | 0,323 | 0,318 | 0,31 | 0,294 | 0,3 | 0,325 | 0,314 | 0,31 |
| SD | 0,012 | 0,019 | 0,027 | 0,007 | 0,008 | 0,01 | 0,011 | 0,068 | 0,016 |
| CV | 3,704 | 5,907 | 8,338 | 2,326 | 2,657 | 3,283 | 3,468 | 21,768 | 5,121 |
| Örnek Kodu | PD1.1 | PD1.2 | PD1.3 | PD1.4 | PD1.5 | PD1.6 | PD1.7 | PD1.8 | PD1.9 |
| Ortalama | 0,329 | 0,321 | 0,311 | 0,311 | 0,303 | 0,294 | 0,319 | 0,298 | 0,288 |
| SD | 0,029 | 0,03 | 0,008 | 0,013 | 0,008 | 0,005 | 0,018 | 0,01 | 0,012 |
| CV | 8,699 | 9,454 | 2,632 | 4,254 | 2,701 | 1,559 | 5,51 | 3,406 | 4,094 |
| Örnek Kodu | PD2.1 | PD2.2 | PD2.3 | PD2.4 | PD2.5 | PD2.6 | PD2.7 | PD2.8 | PD2.9 |
| Ortalama | 0,339 | 0,335 | 0,331 | 0,301 | 0,298 | 0,295 | 0,276 | 0,27 | 0,262 |
| SD | 0,012 | 0,027 | 0,02 | 0,004 | 0,004 | 0,009 | 0,007 | 0,006 | 0,004 |
| CV | 3,577 | 8,126 | 5,897 | 1,448 | 1,21 | 3,013 | 2,376 | 2,062 | 1,376 |
| Örnek Kodu | PD3.1 | PD3.2 | PD3.3 | PD3.4 | PD3.5 | PD3.6 | PD3.7 | PD3.8 | PD3.9 |
| Ortalama | 0,324 | 0,311 | 0,304 | 0,299 | 0,294 | 0,291 | 0,294 | 0,283 | 0,27 |
| SD | 0,012 | 0,004 | 0,01 | 0,009 | 0,01 | 0,015 | 0,011 | 0,017 | 0,01 |
| CV | 3,559 | 1,159 | 3,434 | 2,973 | 3,28 | 5,2 | 3,6 | 5,902 | 3,759 |

Çizelge 4.16 Farklı çikolata örnek gruplarına ait su aktivitesi değerleri (aw)

| Partikül Büyüklüğü | 20 µm | | | | 25 µm | | | | 28 µm | | | |
|----------------------------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|
| | n | aw (Ort. ± SD) | Min. | Max. | n | aw (Ort. ± SD) | Min. | Max. | n | aw (Ort. ± SD) | Min. | Max. |
| % 12.0 İnülin | 9 | 0.322 ^b ± 0.018 | 0.291 | 0.345 | 9 | 0.301 ^{bc} ± 0.010 | 0.285 | 0.316 | 9 | 0.316 ^b ± 0.036 | 0.250 | 0.386 |
| % 12.0 Polidekstro z | 9 | 0.313 ^b ± 0.012 | 0.297 | 0.335 | 9 | 0.295 ^c ± 0.011 | 0.274 | 0.306 | 9 | 0.282 ^d ± 0.006 | 0.261 | 0.302 |
| % 9.0 İnülin | 9 | 0.336 ^a ± 0.021 | 0.311 | 0.374 | 9 | 0.311 ^{ab} ± 0.009 | 0.299 | 0.328 | 9 | 0.325 ^b ± 0.023 | 0.291 | 0.363 |
| % 9.0 Polidekstro z | 9 | 0.335 ^a ± 0.018 | 0.311 | 0.366 | 9 | 0.298 ^{bc} ± 0.006 | 0.285 | 0.306 | 9 | 0.269 ^d ± 0.008 | 0.259 | 0.282 |
| % 6.0 İnülin | 9 | 0.315 ^b ± 0.015 | 0.299 | 0.338 | 9 | 0.322 ^a ± 0.013 | 0.304 | 0.340 | 9 | 0.325 ^{ab} ± 0.022 | 0.301 | 0.364 |
| % 6.0 Polidekstro z | 9 | 0.320 ^{ab} ± 0.023 | 0.302 | 0.362 | 9 | 0.303 ^{abc} ± 0.011 | 0.289 | 0.321 | 9 | 0.302 ^c ± 0.006 | 0.278 | 0.339 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 9 | 0.336 ^a ± 0.026 | 0.297 | 0.374 | 9 | 0.320 ^a ± 0.024 | 0.299 | 0.364 | 9 | 0.337 ^a ± 0.017 | 0.311 | 0.355 |

Çizelge 4.17 Farklı çikolata örnek gruplarına ait su aktivitesi değerleri (aw)

| Partikül Büyüklüğü | | | | |
|----------------------------|----|----------------------------|---------|---------|
| Değer | n | aw (Ort. ± SD) | Minimum | Maximum |
| 20 µm | 63 | 0.325 ± 0.021 | 0.291 | 0.374 |
| 25 µm | 63 | 0.307 ± 0.016 | 0.274 | 0.364 |
| 28 µm | 63 | 0.308 ± 0.031 | 0.250 | 0.386 |
| Konçlama Süresi | | | | |
| Değer | n | aw (Ort. ± SD) | Minimum | Maximum |
| 3.5 saat | 63 | 0.321 ^a ± 0.023 | 0.269 | 0.374 |
| 4.0 saat | 63 | 0.313 ^b ± 0.026 | 0.250 | 0.386 |
| 4.5 saat | 63 | 0.306 ^b ± 0.023 | 0.259 | 0.374 |
| Prebiyotik Bileşen | | | | |
| Değer | n | aw (Ort. ± SD) | Minimum | Maximum |
| % 12.0 İnülin | 27 | 0.313 ± 0.025 | 0.250 | 0.386 |
| % 12.0 Polidekstro z | 27 | 0.297 ± 0.018 | 0.261 | 0.335 |
| % 9.0 İnülin | 27 | 0.324 ± 0.021 | 0.291 | 0.374 |
| % 9.0 Polidekstro z | 27 | 0.301 ± 0.030 | 0.259 | 0.366 |
| % 6.0 İnülin | 27 | 0.321 ± 0.017 | 0.299 | 0.364 |
| % 6.0 Polidekstro z | 27 | 0.308 ± 0.019 | 0.278 | 0.362 |
| % 0.0 Prebiyotik (Kontrol) | 27 | 0.331 ± 0.023 | 0.297 | 0.374 |

Çalışmada prebiyotik bileşen içeren örneklere ait su aktivitesi değerlerinin konçlama süresi ile değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen bu veri literatürde yer alan çalışmalar ile de uyum sağlamaktadır (Rossini vd. 2011).

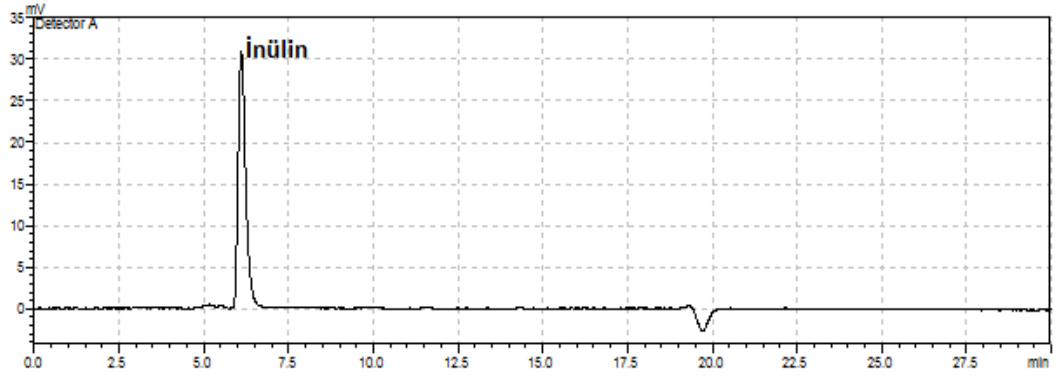
Çikolatanın su aktivitesi değerinin kullanılan hammadde, incelte nemi, materyal yüzey alanı ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilendiği de yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Rossini vd. 2011).

Farzanmehr and Abbasi (2009) tarafından yapılan bir çalışmada şeker ve inülin içeren çikolata örneğinin (10.45 g/100 g) su aktivitesinin 0.34 olduğu belirlenmiştir. Çalışmada yapılan analiz sonucu elde edilen 0.343 ± 0.027 – 0.301 ± 0.026 değişim aralığı literatürde yer alan bu bilgi ile desteklenmektedir.

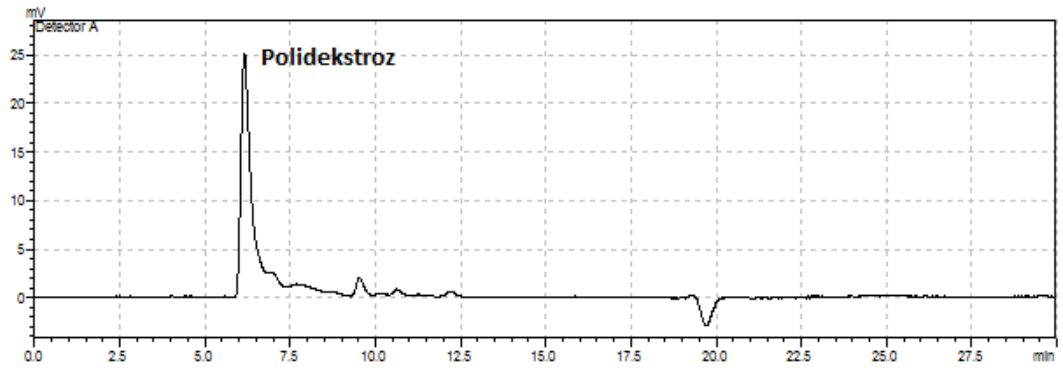
5.3 HPLC Analiz Sonuçları

Bu aşamada, kromatografik sistem ile farklı düzeylerde prebiyotik bileşen içeren çikolata örneklerinin işlenmesinin ardından (konçlama ve temperleme) örnekler içerisinde kalan inülin ve polidekstroz miktarlarının ve geri kazanım yüzdelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Prebiyotik bileşenler ile birlikte diğer şeker komponentleri de (glukoz, fruktoz, maltoz) tespit edilmiştir.

Araştırmada kullanılan standart inülin (Benco GR, Orafiti, Belçika) ve standart polidekstroz (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, ABD) bileşenlerine ait kromatogramlar sırasıyla şekil 5.1 - 5.2’de gösterilmektedir. Standartlara ve diğer komponentlere ait HPLC’de elde edilen piklerin alıkonma süreleri çizelge 5.1’de verilmektedir.



Şekil 5.1 İnülin standardına ait HPLC kromatogramı



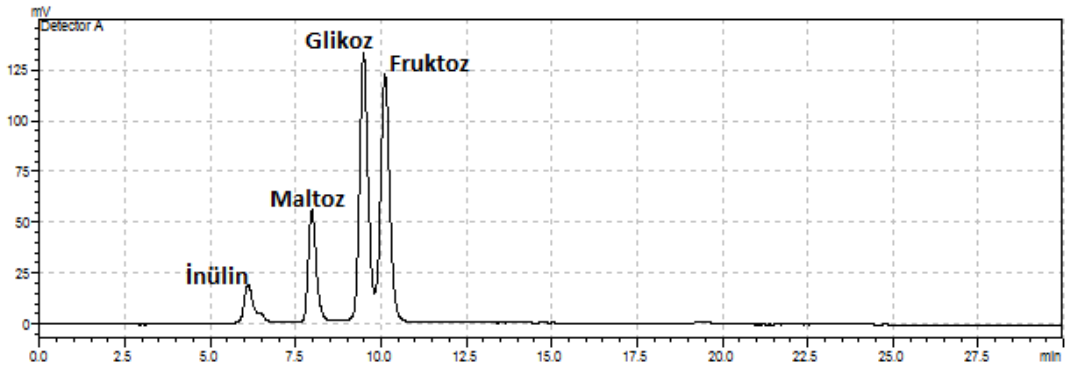
Şekil 5.2 Polidekstroz standardına ait HPLC kromatogramı

Çizelge 5.1 İnülin, polidekstroz, glikoz, frouktoz ve maltoza ait alıkonma süreleri

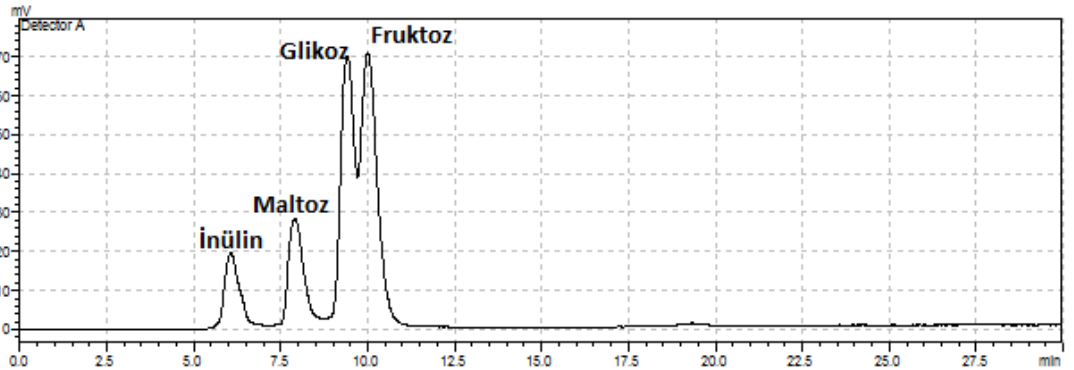
| Bileşen | Alıkonma süresi (dakika) | Miktar (g) | Alan |
|--------------|--------------------------|------------|--------|
| İnülin | 6,103 | 0,0925 | 466846 |
| Polidekstroz | 6,16 | 0,1109 | 453375 |
| Glikoz | 9,53 | 0,1041 | 394462 |
| Fruktoz | 10,17 | 0,1149 | 743745 |
| Maltoz | 7,8 | 0,0984 | 505893 |

5.3.1 İnülin İçeren çikolata örneklerine ait HPLC analiz sonuçları

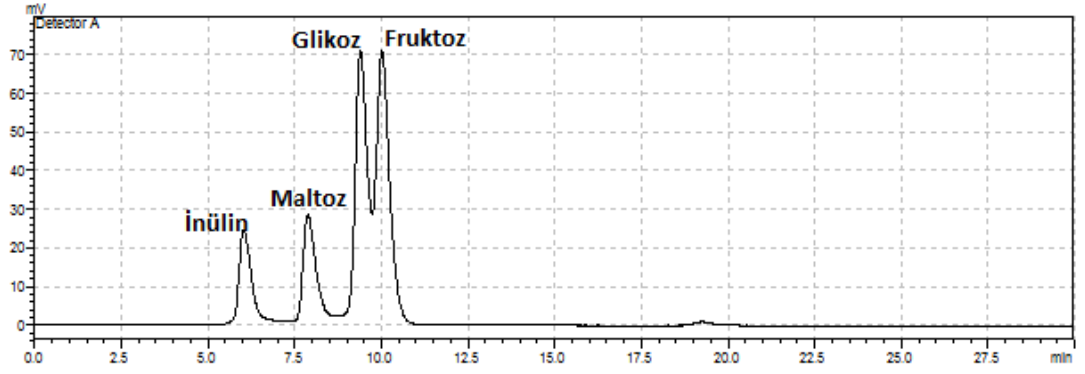
Farklı düzeylerde inülin içeren çikolata örneklerinin işlenmesinin ardından örnekler içerisinde kalan inülin miktarları ve geri kazanım yüzdeleri belirlenmiştir (Çizelge 5.2, - 5.4). Prebiyotik bileşenler ile birlikte diğer şeker komponentleri de (glikoz, fruktoz, maltoz) tespit edilmiştir. Ölçümler üç paralelli yapılmış ve örneklerde tespit edilen inülin miktarı üç ölçümün ortalaması alınarak ifade edilmiştir. İnülin içeren tüm örneklerle (27 adet örnek) ait HPLC analizleri yapılmış olup ilgili kromatogramlar ekte sunulmaktadır. % 6, % 9 ve % 12 inülin içeren gruplara ait HPLC kromatogramlarına örnek teşkil etmesi amacıyla her gruptan bir adet kromatogram örneği sırasıyla şekil 5.3 - 5.5' de gösterilmektedir. İnülin içeren tüm örneklerle ait kromatogramlar ise EK 2'de sunulmaktadır.



Şekil 5.3 % 6 inülin içeren örneklerle ait HPLC kromatogramı



Şekil 5.4 % 9 inülin içeren örneklerle ait HPLC kromatogramı



Şekil 5.5 % 12 inülin içeren örneklere ait HPLC kromatogramı

% 6, % 9 ve % 12 inülin içeren örneklere ait ortalama geri kazanım miktarları sırasıyla % 85.30, % 99.77, % 75.11 olarak belirlenmiştir. En az ortalama geri kazanım miktarı % 12 inülin içeren örneklerde gözlenmiştir.

Çizelge 5.2 % 6 inülin içeren örneklere ait HPLC analiz sonuçları

| Örnek Kodu | Eklenen Miktar (%) | Tespit Edilen Miktar (üç ölçümün ortalaması) (%) | Geri Kazanım (%) | Standart Sapma (%) |
|-----------------|--------------------|--|------------------|--------------------|
| IN1.1 | 6,00 | 4,50 | 75,00 | 0,036 |
| IN1.2 | 6,00 | 4,71 | 78,50 | 0,142 |
| IN1.3 | 6,00 | 7,41 | 123,50 | 0,209 |
| IN1.4 | 6,00 | 5,68 | 94,67 | 0,179 |
| IN1.5 | 6,00 | 5,17 | 86,17 | 0,018 |
| IN1.6 | 6,00 | 4,65 | 77,50 | 0,221 |
| IN1.7 | 6,00 | 5,1 | 85,00 | 0,324 |
| IN1.8 | 6,00 | 4,46 | 74,33 | 0,272 |
| IN1.9 | 6,00 | 4,38 | 73,00 | 0,019 |
| ORTALAMA | | 5,12 | 85,30 | 0,158 |

Çizelge 5.3 % 9 inülin içeren örneklere ait HPLC analiz sonuçları

| Örnek Kodu | Eklene Miktar (%) | Tespit Edilen Miktar (üç ölçümün ortalaması) (%) | Geri Kazanım (%) | Standart Sapma (%) |
|-----------------|-------------------|--|------------------|--------------------|
| IN2.1 | 9,00 | 9,32 | 99,99 | 0,196 |
| IN2.2 | 9,00 | 9,62 | 100,00 | 0,220 |
| IN2.3 | 9,00 | 10,07 | 99,68 | 0,317 |
| IN2.4 | 9,00 | 10,04 | 99,89 | 0,175 |
| IN2.5 | 9,00 | 10,0 | 99,97 | 0,275 |
| IN2.6 | 9,00 | 9,43 | 99,49 | 0,701 |
| IN2.7 | 9,00 | 9,89 | 99,96 | 0,154 |
| IN2.8 | 9,00 | 10,09 | 100,00 | 0,087 |
| IN2.9 | 9,00 | 10,16 | 98,99 | 0,342 |
| ORTALAMA | | 9,85 | 99,77 | 0,274 |

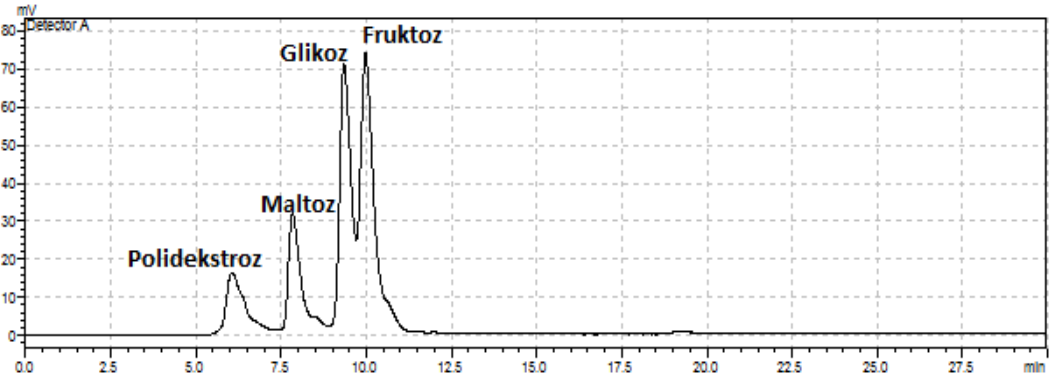
Çizelge 5.4 % 12 inülin içeren örneklere ait HPLC analiz sonuçları

| Örnek Kodu | Eklene Miktar (%) | Tespit Edilen Miktar (üç ölçümün ortalaması) (%) | Geri Kazanım (%) | Standart Sapma (%) |
|-----------------|-------------------|--|------------------|--------------------|
| IN3.1 | 12,00 | 11,22 | 93,50 | 0,147 |
| IN3.2 | 12,0 | 11,71 | 90,08 | 0,100 |
| IN3.3 | 12,0 | 11,82 | 84,43 | 0,069 |
| IN3.4 | 12,0 | 12,09 | 80,60 | 0,238 |
| IN3.5 | 12,0 | 10,67 | 66,69 | 0,145 |
| IN3.6 | 12,0 | 12,94 | 76,12 | 0,044 |
| IN3.7 | 12,0 | 11,07 | 61,50 | 0,049 |
| IN3.8 | 12,0 | 11,86 | 62,42 | 0,056 |
| IN3.9 | 12,0 | 12,13 | 60,65 | 0,112 |
| ORTALAMA | | 11,72 | 75,11 | 0,107 |

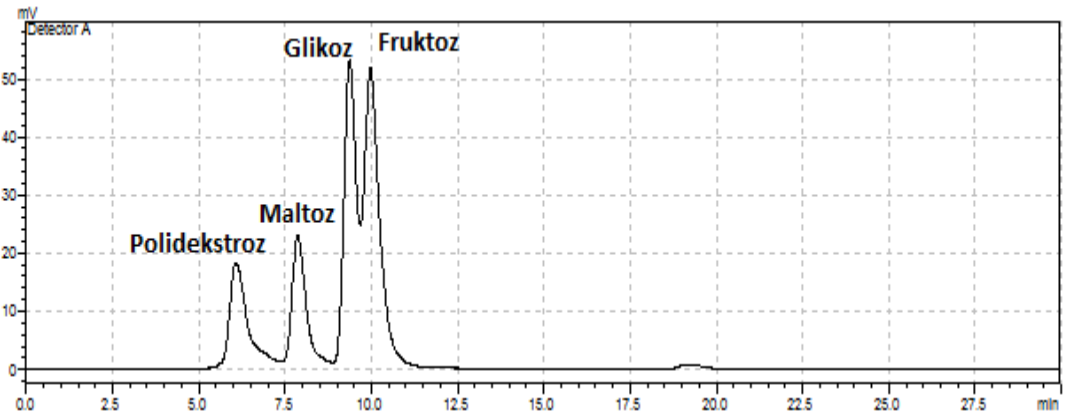
5.3.2 Polidekstroz içeren çikolata örneklerine ait HPLC analiz sonuçları

HPLC analizleri ile farklı düzeylerde polidekstroz içeren çikolata örneklerinin konçlama ve temperleme aşamalarından geçirilmesinin ardından örnekler içerisinde kalan polidekstroz miktarları ve geri kazanım yüzdeleri belirlenmiştir (çizelge 5.5 - 5.7). Prebiyotik bileşenler ile birlikte diğer şeker komponentleri de (glikoz, fruktoz, maltoz) tespit edilmiştir. Ölçümler üç paralelli yapılmış olup örneklerde tespit edilen polidekstroz miktarı üç ölçümün ortalaması alınarak belirlenmiştir.

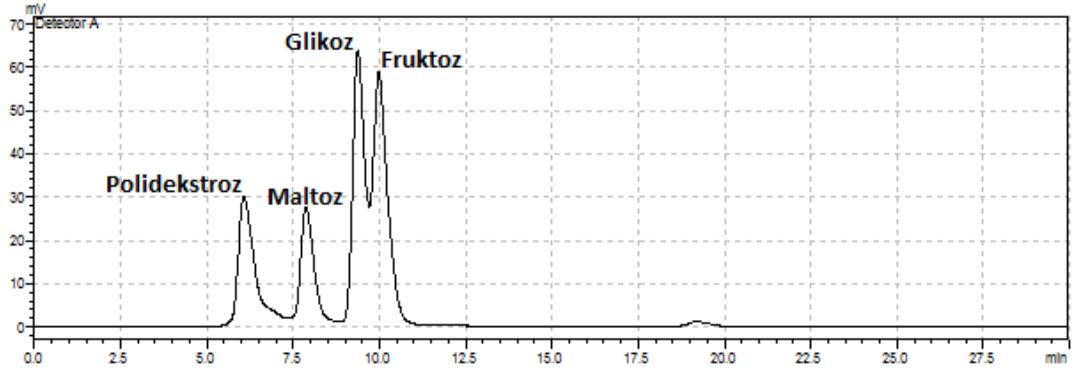
Polidekstroz içeren tüm örneklere (27 adet örnek) ait HPLC analizleri yapılmış olup ilgili kromatogramlar ekte sunulmaktadır. %6, %9 ve %12 polidekstroz içeren gruplara ait HPLC kromatogramlarına örnek teşkil etmesi amacıyla her gruptan bir adet kromatogram örneği sırasıyla şekil 5.6- 5.8' de gösterilmektedir. Polidekstroz içeren tüm örneklere ait kromatogramlar ise Ek 2'de sunulmaktadır.



Şekil 5.6 % 6 Polidekstroz içeren örneklere ait HPLC kromatogramı



Şekil 5.7 % 9 Polidekstroz içeren örneklere ait HPLC kromatogramı



Şekil 5.8 % 12 Polidekstroz içeren örneklere ait HPLC kromatogramı

% 6, % 9 ve % 12 polidekstroz içeren örneklere ait ortalama geri kazanım miktarları sırasıyla % 99.13, % 96.26, % 96.20 olarak belirlenmiştir. En az ortalama geri kazanım miktarı % 12 polidekstroz içeren örneklerde gözlenmiştir.

Çizelge 5.5 % 6 Polidekstroz içeren örneklerin HPLC analiz sonuçları

| Örnek Kodu | Eklene Miktar (%) | Tespit Edilen Miktar (üç ölçümün ortalaması) (%) | Geri Kazanım (%) | Standart Sapma (%) |
|-----------------|-------------------|--|------------------|--------------------|
| PD1.1 | 6,00 | 5,76 | 96,00 | 0,056 |
| PD1.2 | 6,00 | 6,29 | 99,99 | 0,168 |
| PD1.3 | 6,00 | 6,11 | 100,00 | 0,412 |
| PD1.4 | 6,00 | 5,87 | 97,83 | 0,208 |
| PD1.5 | 6,00 | 6,29 | 99,96 | 0,461 |
| PD1.6 | 6,00 | 6,43 | 100,00 | 0,295 |
| PD1.7 | 6,00 | 5,91 | 98,50 | 0,422 |
| PD1.8 | 6,00 | 6,39 | 99,98 | 0,127 |
| PD1.9 | 6,00 | 6,05 | 99,95 | 0,380 |
| ORTALAMA | | 6,12 | 99,13 | 0,281 |

Çizelge 5.6 % 9 Polidekstroz içeren örneklerin HPLC analiz sonuçları

| Örnek Kodu | Eklenen Miktar (%) | Tespit Edilen Miktar (üç ölçümün ortalaması) (%) | Geri Kazanım (%) | Standart Sapma (%) |
|-----------------|--------------------|--|------------------|--------------------|
| PD2.1 | 9,00 | 8,87 | 98,56 | 0,236 |
| PD2.2 | 9,00 | 8,95 | 99,44 | 0,043 |
| PD2.3 | 9,00 | 8,54 | 94,89 | 0,122 |
| PD2.4 | 9,00 | 9,52 | 100,00 | 1,294 |
| PD2.5 | 9,00 | 8,94 | 99,33 | 0,159 |
| PD2.6 | 9,00 | 8,44 | 93,78 | 0,238 |
| PD2.7 | 9,00 | 8,27 | 91,89 | 0,258 |
| PD2.8 | 9,00 | 8,41 | 93,44 | 0,523 |
| PD2.9 | 9,00 | 8,55 | 95,00 | 0,713 |
| ORTALAMA | | 8,72 | 96,26 | 0,398 |

Çizelge 5.7 % 12 Polidekstroz içeren örneklerin HPLC analiz sonuçları

| Örnek Kodu | Eklenen Miktar (%) | Tespit Edilen Miktar (üç ölçümün ortalaması) (%) | Geri Kazanım (%) | Standart Sapma (%) |
|-----------------|--------------------|--|------------------|--------------------|
| PD3.1 | 12,00 | 12,37 | 100,00 | 0,269 |
| PD3.2 | 12,00 | 11,8 | 98,33 | 0,750 |
| PD3.3 | 12,00 | 11,72 | 97,67 | 0,134 |
| PD3.4 | 12,00 | 12,11 | 100,00 | 0,654 |
| PD3.5 | 12,00 | 11,43 | 95,25 | 0,482 |
| PD3.6 | 12,00 | 8,95 | 74,58 | 0,73 |
| PD3.7 | 12,00 | 12,72 | 99,99 | 0,042 |
| PD3.8 | 12,00 | 12,4 | 99,98 | 0,082 |
| PD3.9 | 12,00 | 12,66 | 99,99 | 0,303 |
| ORTALAMA | | 11,80 | 96,20 | 0,383 |

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çikolata örnekleri içerisine farklı oranlarda (% 6.0, % 9.0, % 12.0) ilave edilen inülin ve polidekstroz bileşenlerinin çikolatanın fizyolojik, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine çeşitli etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında, üç farklı konçlama süresi (3.5, 4, 4.5 saat) ve üç farklı partikül büyüklüğü (20 µm, 25 µm, 28 µm) kullanılmıştır. Yapılan duyuşal değerlendirme sonucunda, tüm prebiyotik bileşen oranları için en yüksek puanı 20 µm partikül büyüklüğündeki 4.5 saat konçlama işlemine tabi tutulan çikolata örneklerinin aldığı görülmüştür. Araştırmada partikül boyutu küçüldükçe çikolatanın duyuşal özelliğinin arttığı belirlenmiştir.

Ayrıca duyuşal değerlendirme sonunda, en uzun konçlama süresinin tüm örneklerde en yüksek puanı almış olması da kaynaklarda yer alan bilgileri doğrular niteliktedir. Konçlama işlemi ile fazla nem ve kakao çekirdeklerinin fermantasyonu sonucu oluşun uçucu asitler, ketonlar ve aldehitler buharlaştırılmaktadır. Çikolatanın tadı zenginleşerek ağızda eriyen kıvama ulaşmakta ve karışım daha homojenize bir hal almaktadır. (Afoakwa 2010).

Çalışmada yapılan reolojik değerlendirme neticesinde inülin ve polidekstroz içeren örneklere ait viskozite sonuçlarının birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. Kontrol örneğine ait viskozite değerleri ise her partikül boyutuna göre (20 µm, 25 µm, 28 µm) daha yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda partikül boyutu arttıkça viskozite değerinin düştüğü belirlenmiştir. Partikül boyutu küçüldükçe çikolatanın duyuşal özelliği iyileşmekte ancak partiküllerin yüzey alanı genişlediği için viskozite ve yield stress değerinin arttığı bilinmektedir (Sökmen ve Güneş 2006).

Çikolata örneklerine ait yield stress değerinin inülin içeren örneklerde polidekstroz içeren örneklere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Partikül boyutu ile prebiyotik bileşen türü arasındaki interakşyon önemli bulunmuş olup partikül boyutu arttıkça yield stress değerinin önemli ölçüde azaldığı da ortaya konulmuştur.

Çalışma kapsamındaki sertlik analizi sonucunda, partikül büyüklüğünün konçlama süresine kıyasla sertlik değerleri üzerinde daha fazla etkide bulunduğu yargısına varılmıştır (Çizelge 4.7). Partikül büyüklüğü duyuşal özelliği etkilediği gibi sertlik değeri üzerine de etki ettiği görölmüştür. Elde edilen bu sonuç literatürde yer alan çalışmalar ile de uyum sağlamaktadır (Afoakwa vd. 2009).

Renk analizi sonunda kontrol örneğine en yakın değeri alan çikolata örneğinin, duyuşal değeriendirme sonunda da prebiyotik bileşen içeren örnekler arasında en yüksek toplam puanı almış olan IN2.3 kodlu örnek olduğu görölmüştür. Elde edilen bu veri literatürde yer alan rengin algılanan duyuşal karakteristiği etkilediği bilgisini doğrular niteliktedir (Briones vd. 2006). Analiz sonucunda, partikül boyutu ve prebiyotik bileşen parametrelerinin renk özelliğini tek başlarına veya ikili interaksyonları halinde etkilemediği, renk üzerinde parametrelerin üçlü interaksyonunun etkili olduğu belirlenmiştir.

Partikül büyüklük dağılımına ilişkin analizlerden elde edilen değeri, örnek hazırlama çalışmalarında gerçekleştirilen inceltme işleminin doğrulanmasına yönelik veri sağlamıştır.

Çikolata mikşlerinin hazırlanmasında kullanılan prebiyotik maddelerden gerek inülinin, gerekse polidekstrozun, araştırma kapsamındaki oranlarda kullanımı halinde inceltme işleminin etkinliği üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığı ve hedef partikül büyüklük dağılımına ulaşmayı engellemediği sonucuna ulaşılmıştır.

Çikolatanın raf ömrü açısından önem taşıyan su aktivitesi (a_w) değeri, endüstriyel üretimde kullanılan bileşimler esas alınarak elde edilmiştir. Tüm örneklere ait su aktivitesi değeriilerinin yer aldığı Çizelge incelendiğinde de görölebileceği gibi değeriilerin $0.343 \pm 0.027 - 0.301 \pm 0.026$ aralığında değişim göstermekte olduğu ve bu bulgunun kaynaklar ile uyum gösterdiği belirlenmiştir (Sökmen ve Güneş 2006). Aynı zamanda prebiyotik bileşen içeren örneklere ait su aktivitesi değeriilerinin konçlama süresi ile değiştii görölmüştür.

Çalışmada, kromatografik sistem ile farklı düzeylerde prebiyotik bileşen içeren çikolata örneklerinin işlenmesinin ardından (konçlama ve temperleme) örnekler içerisinde kalan inülin ve polidekstroz miktarları ve geri kazanım yüzdeleri belirlenmiştir.

% 6, % 9 ve % 12 oranlarında inülin içeren örneklere ait ortalama geri kazanım miktarları sırasıyla % 85.30, 99.77, 75.11 olarak belirlenmiştir. En az ortalama geri kazanım miktarı % 12 inülin içeren örneklerde gözlenmiştir.

% 6, % 9 ve % 12 oranlarında polidekstroz içeren örneklere ait ortalama geri kazanım miktarları ise sırasıyla % 99.13, 96.26, 96.20 olarak belirlenmiştir. En az ortalama geri kazanım miktarı % 12 polidekstroz içeren örneklerde gözlenmiştir.

Çalışma sonunda elde edilen veriler göstermiştir ki inülin ve polidekstroz bileşenleri ile ürünün işlenmesinin ardından içerisinde muhafaza edilerek ve ürün üzerinde istenmeyen tekstürel ve fizyolojik etkilere neden olmadan, ürünün duyusal özelliklerini etkilemeden, tüketiciler tarafından kabul gören çikolata üretimi mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim. 1976. Nem tayini metodu.
- Anonim. 2000. Avrupa Birliği ikolata Yönetmeliği.
- Anonim. 2003. Türk Gıda Kodeksi ikolata ve ikolata Ürünleri Tebliğ (Tebliğ No:2003/23).
- Anonim. 2010. Kül tayini metodu.
- Anonymous. European Communities. 1994. European Parliament and Council Directive 94/35/EC of 30th June 1994 on sweeteners for use in foodstuffs. Official Journal of the European Communities No. L 237, 10.9.94 p3, as amended by Directive 96/83/EC of 19th December 1996, Official Journal of the European Communities No. L 48, 19.2.97 p16, Luxembourg.
- Anonymous. 2008. International Cocoa Organisation (ICCO).. International Cocoa Organisation Report of Cocoa Statistics. The Manufacturing Confectioner, 88 (3); 39–40.
- Afoakwa, E.M. 2008. Cocoa and chocolate consumption are there aphrodisiac and other benefits for human health. S Afr J Clin Nutr, Vol. 21; pp.107-113.
- Afoakwa, E., Paterson, A., Fowler, M. and Vieira, J. 2009. Microstructure and mechanical properties related to particle size distribution and composition in dark chocolate. International Journal of Food Science and Technology, Vol. 44, pp.111–119.
- Afoakwa, E. 2010. Chocolate science and technology. Wiley-Blackwell. Singapur. 298-344.
- Albert, Z. Adam, L. And Storey, D. 2001. Polyols in confectionery: the route to sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. British Journal of Nutrition, Vol. 85 (1); pp. 31-45.
- Apgar, J. L. and Tarka, S. M. 1999. Methylxanthines. In: Chocolate and Cocoa (Knight I, ed.). Blackwell Science, Oxford, p.153– 73.
- Aragon, L. C. Alarcon, J. H. Cardarelli, H. R. Chiu, M. C. And Saad, S. M. I. 2006. Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. LWT, Vol.40; pp. 669–675.
- Awua, P. K. 2002. Cocoa Processing and Chocolate Manufacture in Ghana. Essex. UK, David Jamieson and ssociates Press Inc. p. 128-148.
- Beckett, S. T. 2000. The Science of Chocolate. London, Royal Society of Chemistry Paperbacks. p.28-134.
- Briones, V., Aguilera, J. M. and Brown, C. 2006. Effect of surface topography on color and gloss of chocolate samples. Journal of Food Engineering. Vol.77: pp.776–783.
- Brown, R. C., Klein, A., Simmons, W. K. and Hurrell, R. F. 1990. The influence of Jamaican herb teas and other polyphenol containing beverages on iron absorption in the rat. Nutrition Research, Vol.10; pp.343–53.

- Burdock, G. A. and Flamm, W. G. 1999. A Review of the Studies of the Safety of Polydextrose in Food. *Food and Chemical Toxicology*, Vol. 37; pp. 233-264.
- Cervera, S. M., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S. M. 2012. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. *Food Science and Technology*, Vol.45; pp.213-220.
- Chan, W., Brown, J. and Buss, D. H. 1994. Miscellaneous foods. Supplement to McCance and Widdowson's *The Composition of Foods* RSC/MAFF, London. p. 35-124.
- Dillinger, T. L. Barriga, P. Escarcega, S. Jiminez, M. Lowe, D. S. and Grivetti, L. E. 2000. Food of the gods; cure for humanity? A cultural history of the medicinal and ritual use of chocolate. *Journal of Nutrition*, Vol. 130 (1); pp. 2057–2072.
- Douglass, J. S. Amann, M. M. 1999. Chocolate consumption patterns. In: *Chocolate and Cocoa* (Knight I, ed.). Blackwell Science, Oxford, 293–309.
- Edwards, B. 1997. *Chem Br* 11:50–52.
- Farzanmehr, H. and Abbasi, S. 2009. Effects of inulin and bulking agents on some physicochemical, textural and sensory properties of milk chocolate. Department of Food Science & Technology Faculty of Agriculture Tarbiat Modares University PO Box. Tehran, Iran. 14115-336.
- Flood, M. T., Auerbach, M. H. and Craig, S. A. S. 2004. A review of the clinical toleration studies of polydextrose in food. p.1531–1542.
- Golob, T., Micovic, E., Bertoneclj, J. and Jamnik, M. 2004. Sensory acceptability of chocolate with inulin. p. 111-119
- Gonzalez, N. J., Adhikari, K. and Madriz, M. F. 2011. Sensory characteristics of peach-flavored yogurt drinks containing prebiotics and synbiotics. *Food Science and Thecnology*, Vol. 44; pp.158-163.
- Hammerstone, J. F., Lazarus, S. A., Mitchell, A. E., Rucker, R. and Schmitz, H. H. 1999. Identification of procyanidins in cocoa (*Theobroma cacao*) and chocolate using high performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol.47; pp.490–6.
- Hartel, R. W. 2001. *Crystallization in Food*. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers Inc.
- Irwin, W. E. 1990. *Food Technology*. 6:128.
- Jackson, K. 1999. Recipes. In *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 3rd edn. Beckett, S. T. (Ed.). Oxford Blackwell Science, 323–346.
- Kato, K. Moskowitz, A. H. 2001. Maltitol. In O. L. Nabors (Ed.), *Alternative sweeteners*. Mercel Dekker, New York, 283–295.
- Kritchevsky, D. 1999. Cocoa butter and constituent fatty acids. In: *Chocolate and Cocoa* (Knight I, ed.). Blackwell Science Oxford, 79–88.
- Kim, Y. Fagih, M. N. and Wang, S. S. 2001. Factors affecting gel formation of inulin. *Carbohydrate Polimers*. Vol. 46; pp. 135-145
- Lass, R. A. 1999. Cacao growing and harvesting practices. In: *Chocolate and Cocoa* (Knight I, ed.) Blackwell Science Oxford, 11–42.

- Melo, L. L. M. M., Bolini, H. M. A. and Efraim, P. 2008. Storage Time Study of Sugar-Free and Reduced Calorie Milk Chocolates. Department of Food and Nutrition FEA, UNICAM Campinas, Brazil, CEP: 13083-862.
- Minifie, B. W. 1989. Chocolate, Cocoa and Confectionery Science and Technology. London: Chapman & Hall. 21-136.
- Morgan, J. 1994. Chocolate: a flavour and texture like no other. American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 60 (1); pp. 1065–1067.
- Nebesny, E., Zyzelewicz, D. Z., Motyl, I. and Libudzisz, Z. 2005. Properties of sucrose-free chocolates enriched with viable lactic acid bacteria. Eur Food Res Technol, Vol. 220; pp. 358–362.
- Neilsen, N. 1995. Chocolate Trevi, Stockholm. 1-195.
- Olinger, P. M. 1994. New options for sucrose-free chocolate. The Manufacturing Confectioner, Vol 74 (5); pp.77–84.
- Olinger, P. M. and Pepper, T. 2001. Xylitol. In O. L. Nabors (Ed.), Alternative sweeteners. Marcel Dekker, p.335–365, New York.
- Pszczola, D. E. 2002. Food Technology. 9; 64–82.
- Richelle, M. and Tavazzi, I. Oxford, E. 2001. J Agric Food Chem. Vol. 49; pp.3438–3442.
- Rossini, K. Caciono, P. Z. Brandelli, N. and Brandelli, A. 2011. Changes in the color of white chocolate during storage: potential roles of lipid oxidation and non-enzymatic browning reactions. Journal of Food Science And Technology, Vol. 48, pp. 3, 305-311.
- Sanbongi, C., Osakabe, N., Natsume, M., Tazikawa, T., Gomi, S. and Osawa, T. 1998. Antioxidant polyphenols isolated from Theobroma cacao. Journal of Agriculture and Food Chemistry, Vol. 46; pp.454–7.
- Scalbert, A. and Williamson, G. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. Journal of Nutrition, Vol. 130 (1); pp. 2073–2085.
- Schmitz, H. 2001. Chem Ind. 12;803–804
- Schenker, S. 2000. The Nutritional and Physiological Properties of Chocolate. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin, 25; 303-313.
- Shimomura, Y., Maeda, K., Nagasaki, M., Matsuo, Y., Murakami, T., Bajotto, G., Sato, J., Seino, T., Kamiwaki, T. and Suzuki, M. 2005. Attenuated response of the serum triglyceride concentration to ingestion of a chocolate containing polydextrose and lactitol in place of sugar. Bioscience Biotech. Biochemistry, Vol. 69 (10); pp. 1819-1823.
- Sökmen, A. ve Güneş, G. 2006. Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. Swiss Society of Food Science and Technology. LWT Vol. 39; pp. 1053-1058.
- Spiller, G. A. ed. 1998. Caffeine CRC Press, New York.134-186.
- Talbot, G. 1999. Chocolate temper. In Industrial Chocolate Manufacture and Use, 3rd edn. Beckett, S. T. (Ed.). Oxford Blackwell Science, 218–230.

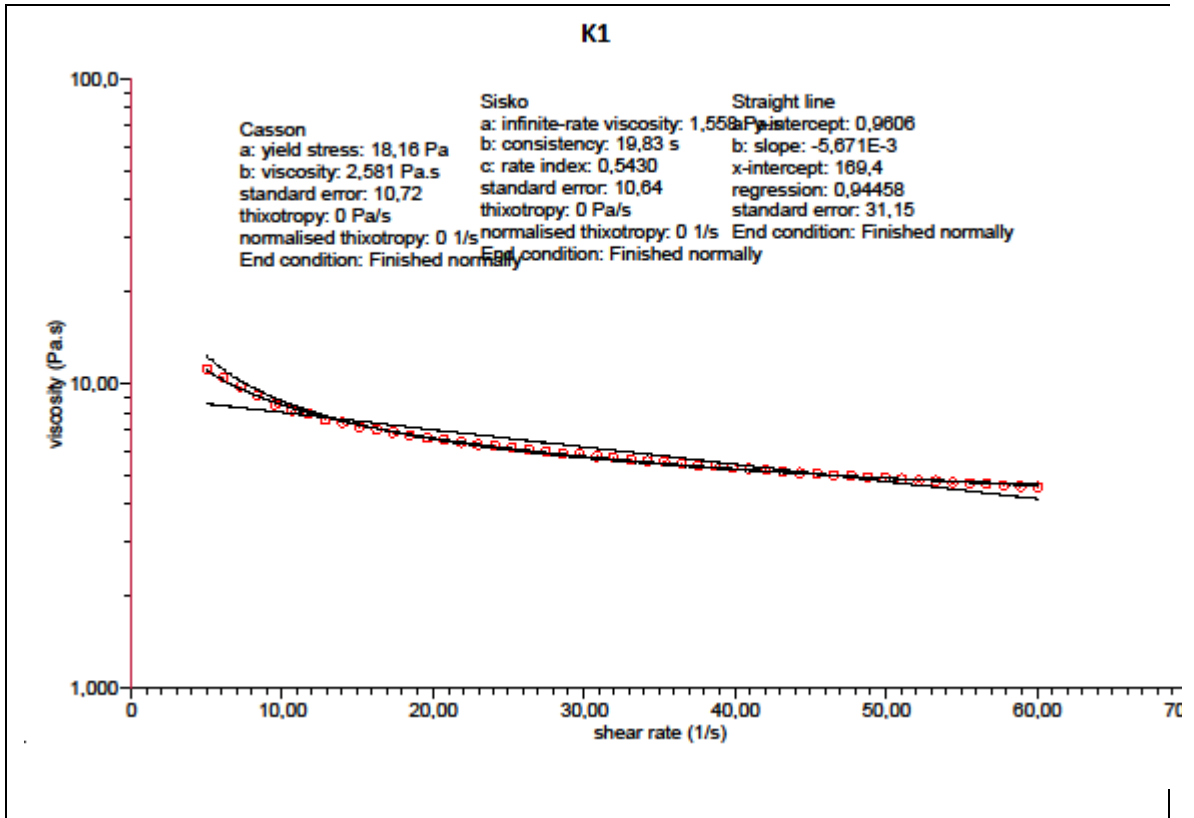
- Whitefield, R. 2005. Making Chocolates in the Factory. London: Kennedy's Publications. 21-136.
- Wijers, M. C. and Strater, P. J. 2001. Isomalt. In O. L. Nabors (Ed.), Alternative sweeteners. Mercel Dekker, 265–281, New York.
- Windhab, E. J., Mehrle, Y., Stierli, F., Zeng, Y., Braun, P. and Boller E. 2002. Verbesserung der Fetteifresistenz durch neuartiges Temperieren – Kontinuierliche Impfkristallisation. K In: Schoko Technik. 201-316.
- Yaseda, A. and Mochizuki, K. 1992. Behaviour of triglycerides under high pressure. In High Pressure and Biotechnology. Balny, C., Hayashi, R., Heremans, K. & Masson, P. (Eds). Meiji Seika Kaisha Ltd, 255–259, Japan.
- Zuleta, A. and Sambucetti M. E. 2001. İnulin determination for food labeling. J. Agric Food Chem. Vol. 49 (10): pp. 4570-2

EKLER

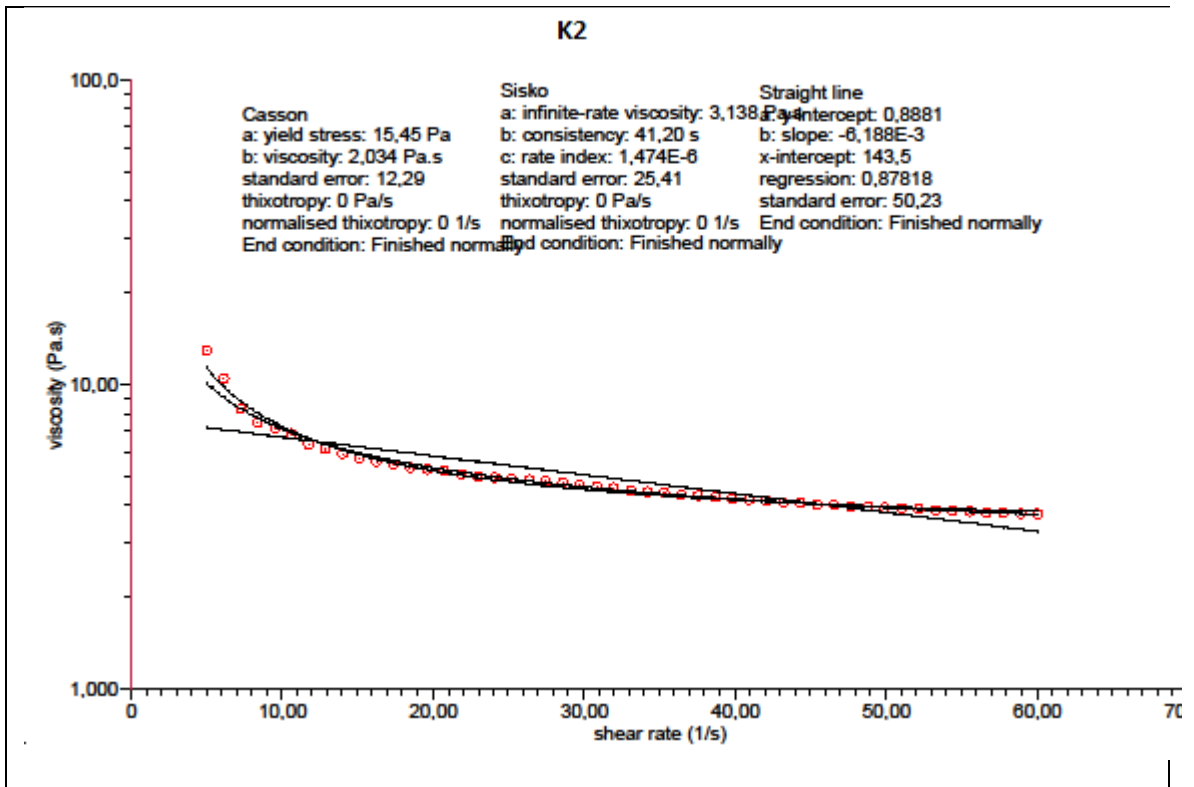
EK 1 Tüm örneklere ait Shear Stress ve Shear Rate analiz grafikleri

EK 2 Tüm örneklere ait HPLC analiz grafikleri

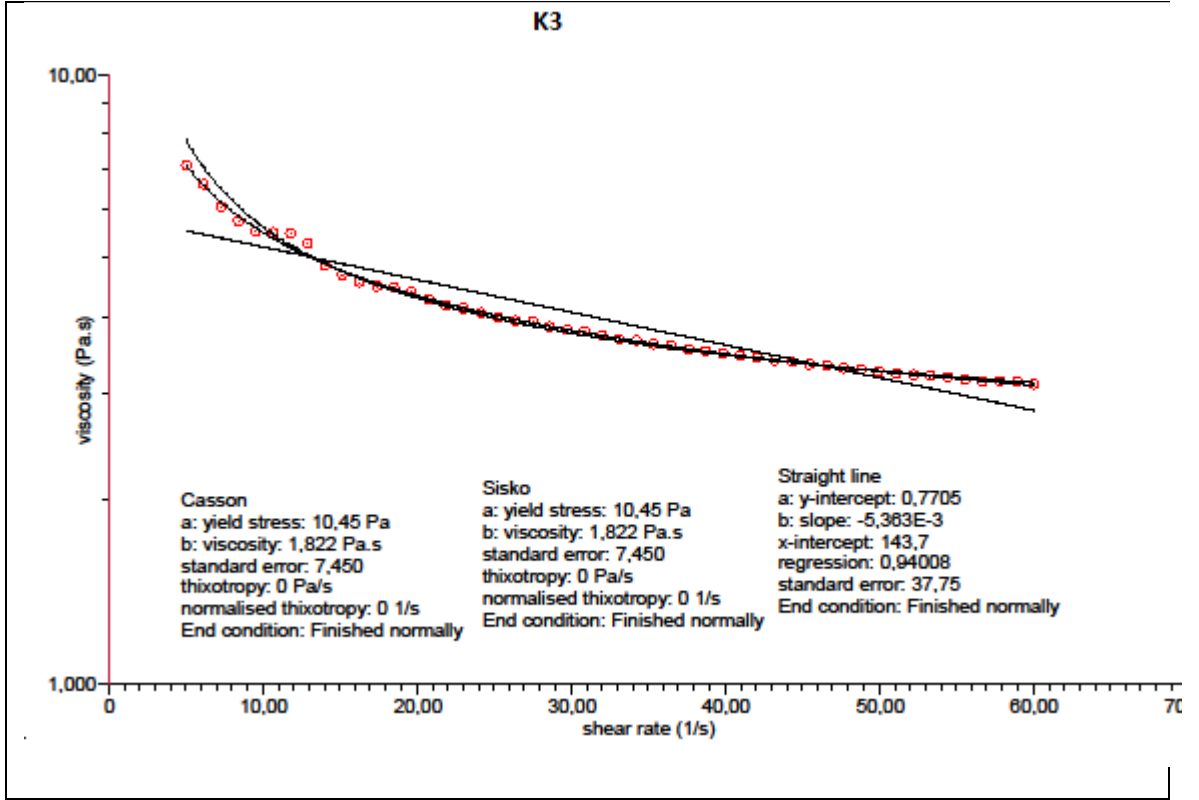
EK 1 Tüm örneklere ait Shear Stress ve Shear Rate analiz grafikleri



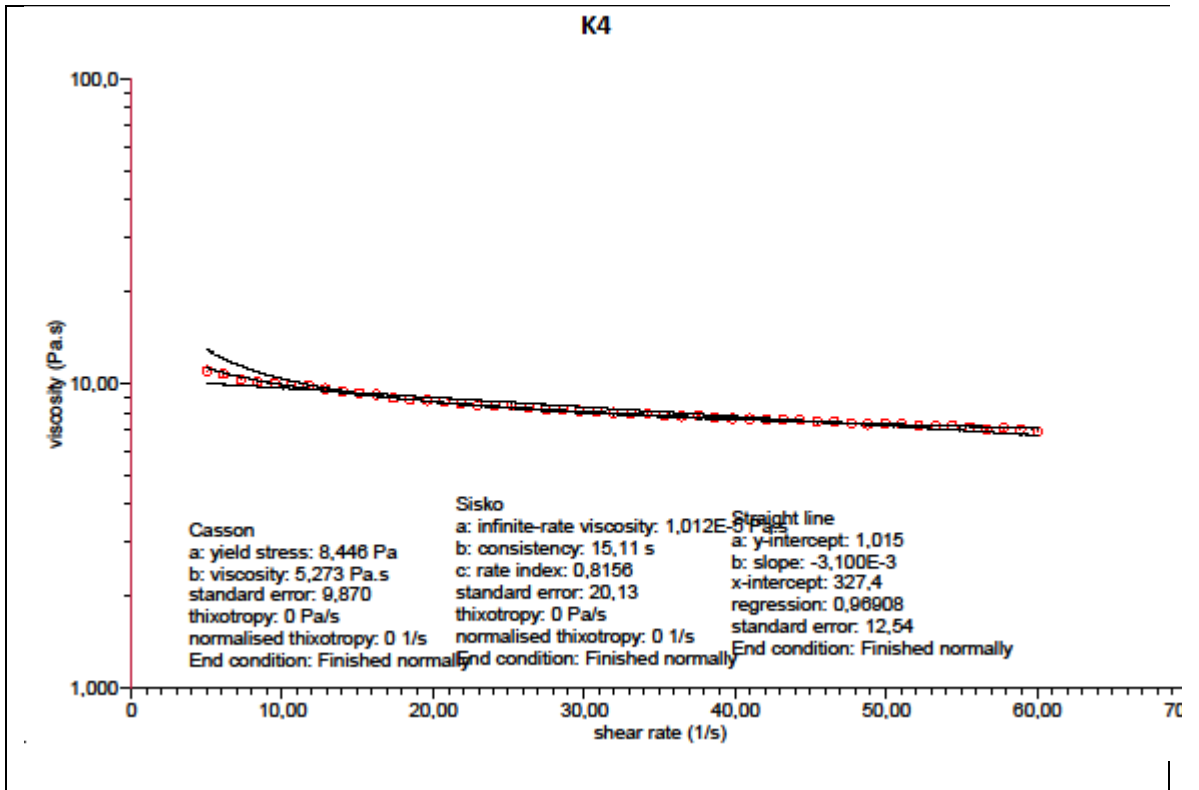
K1: % 0 prebiyotik bileşen, 20 µm partikül büyüklüğü, 3,5 saat konçlama süresi



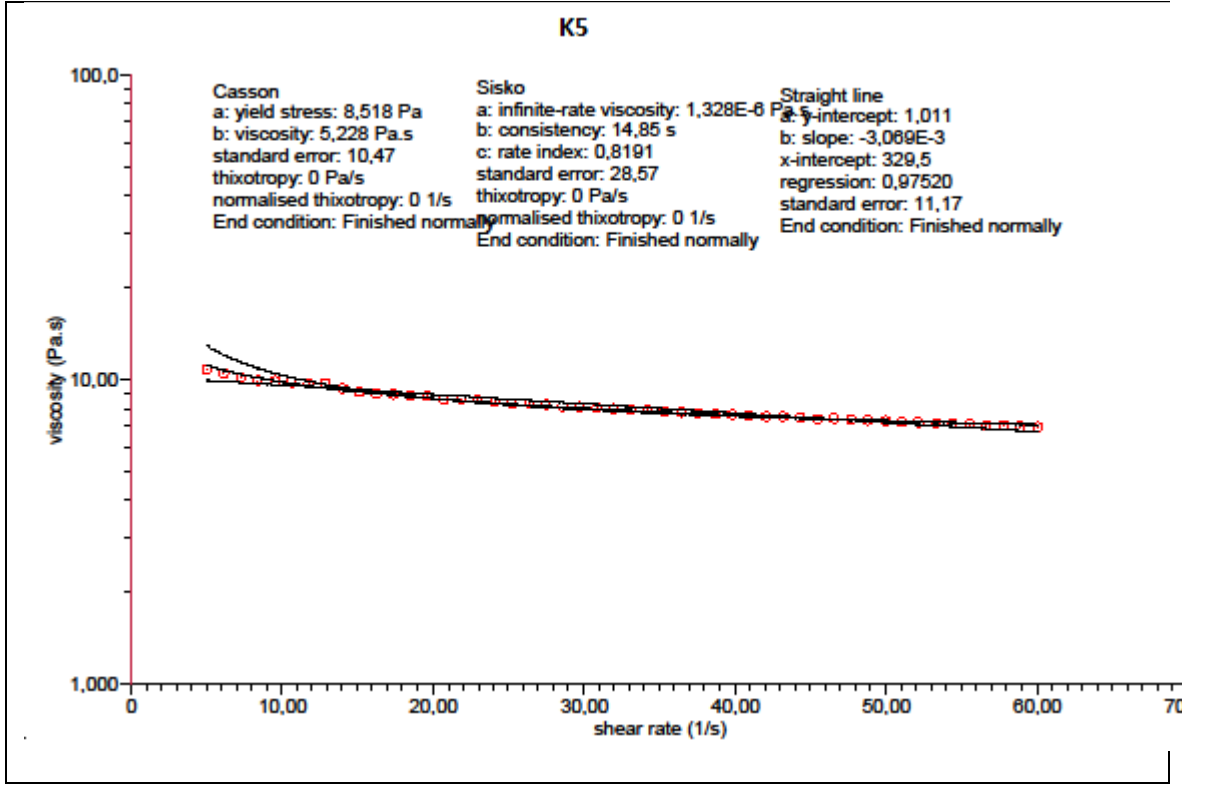
K2: % 0 prebiyotik bileşen, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



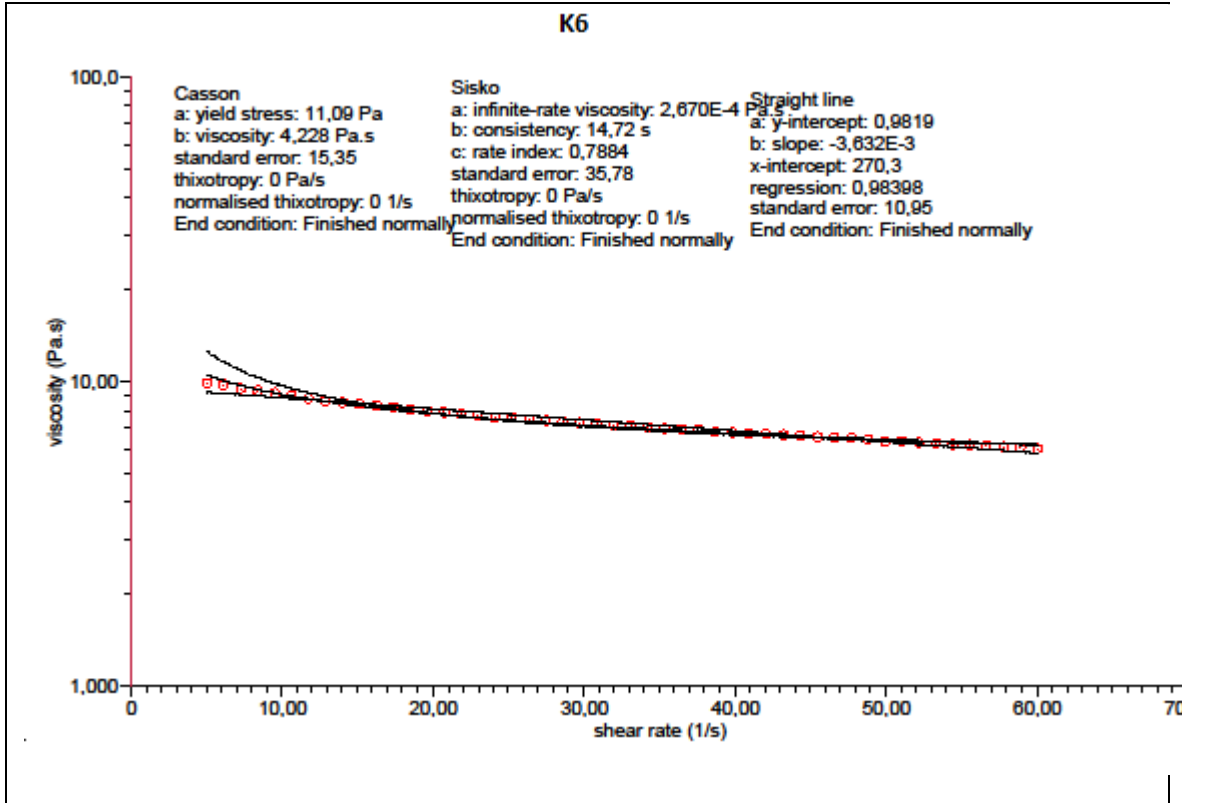
K3: % 0 prebiyotik bileşen, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



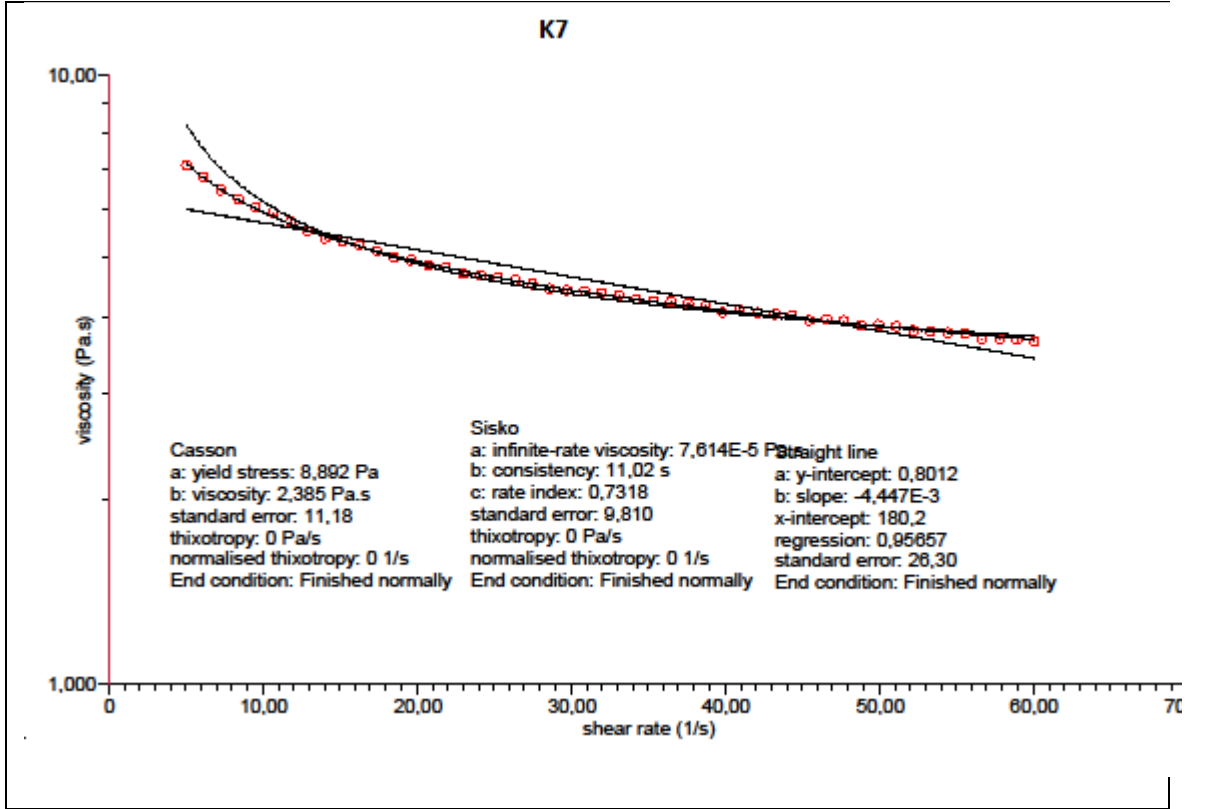
K4: % 0 prebiyotik bileşen, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



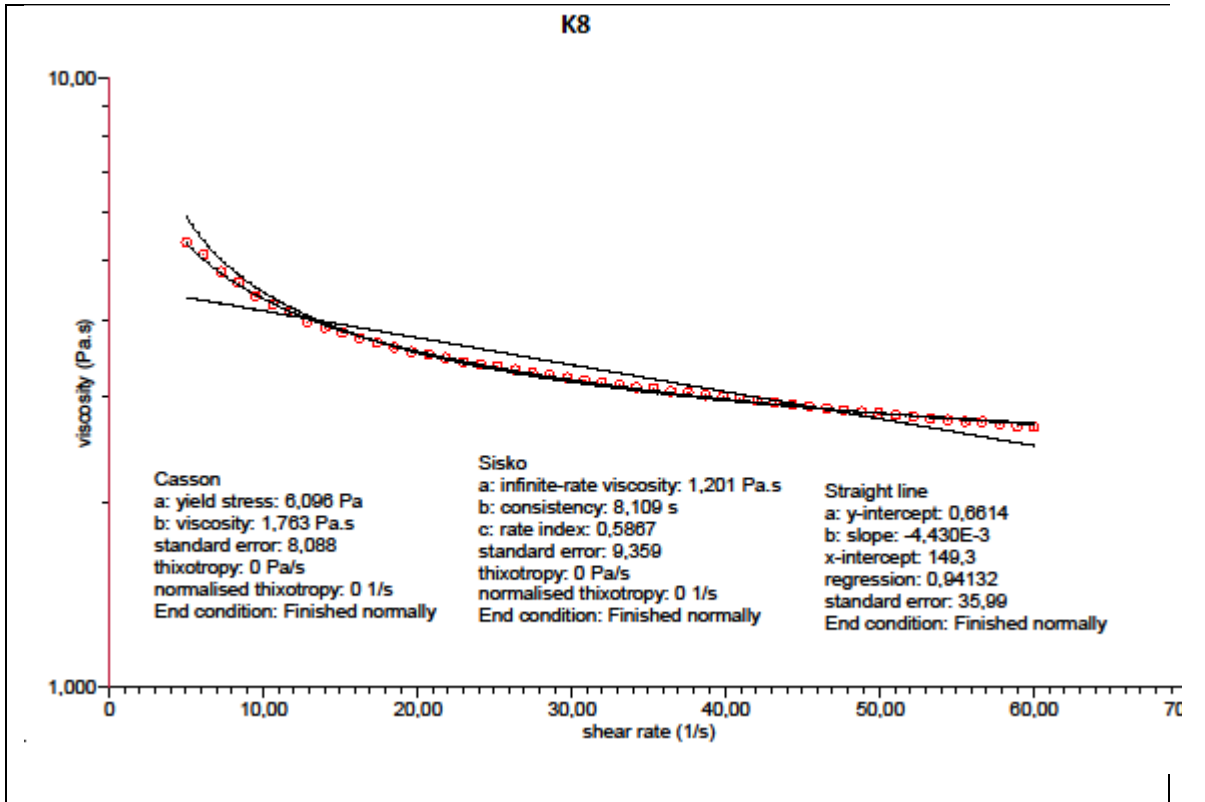
K5: % 0 prebiyotik bileşen, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



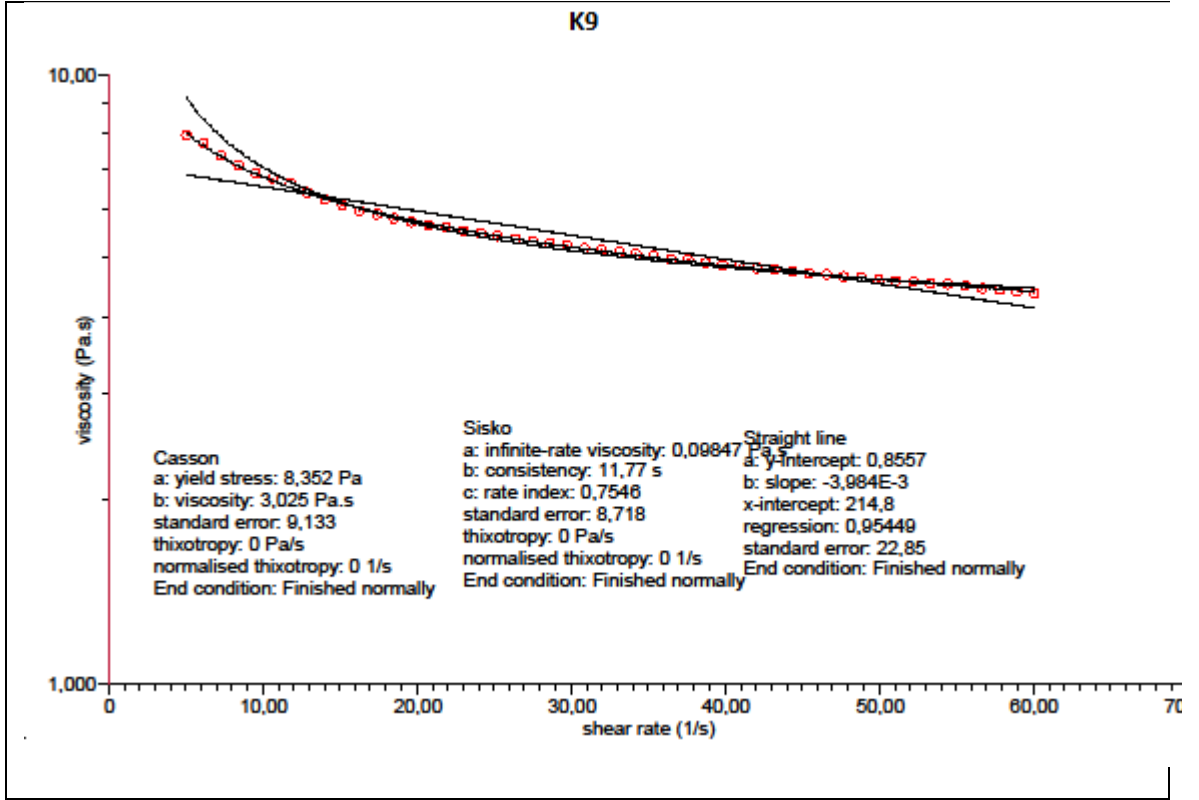
K6: % 0 prebiyotik bileşen, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



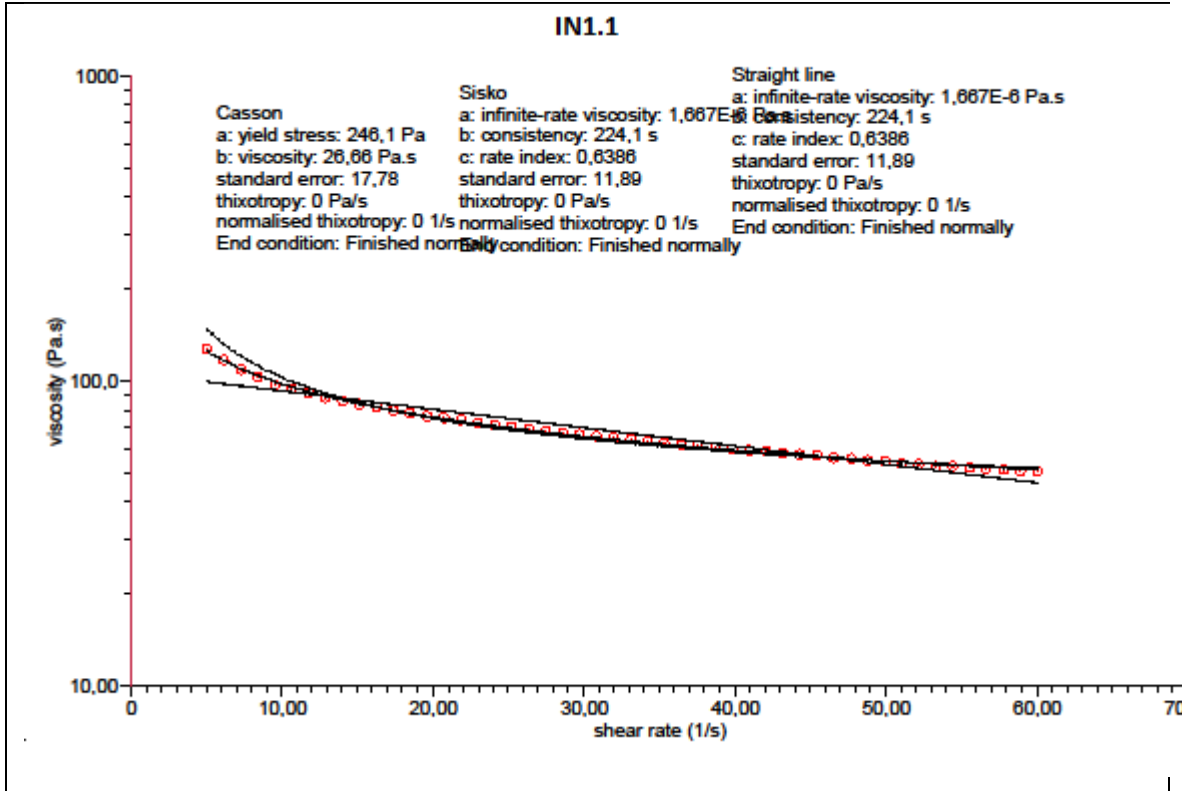
K7: % 0 prebiyotik bileşen, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



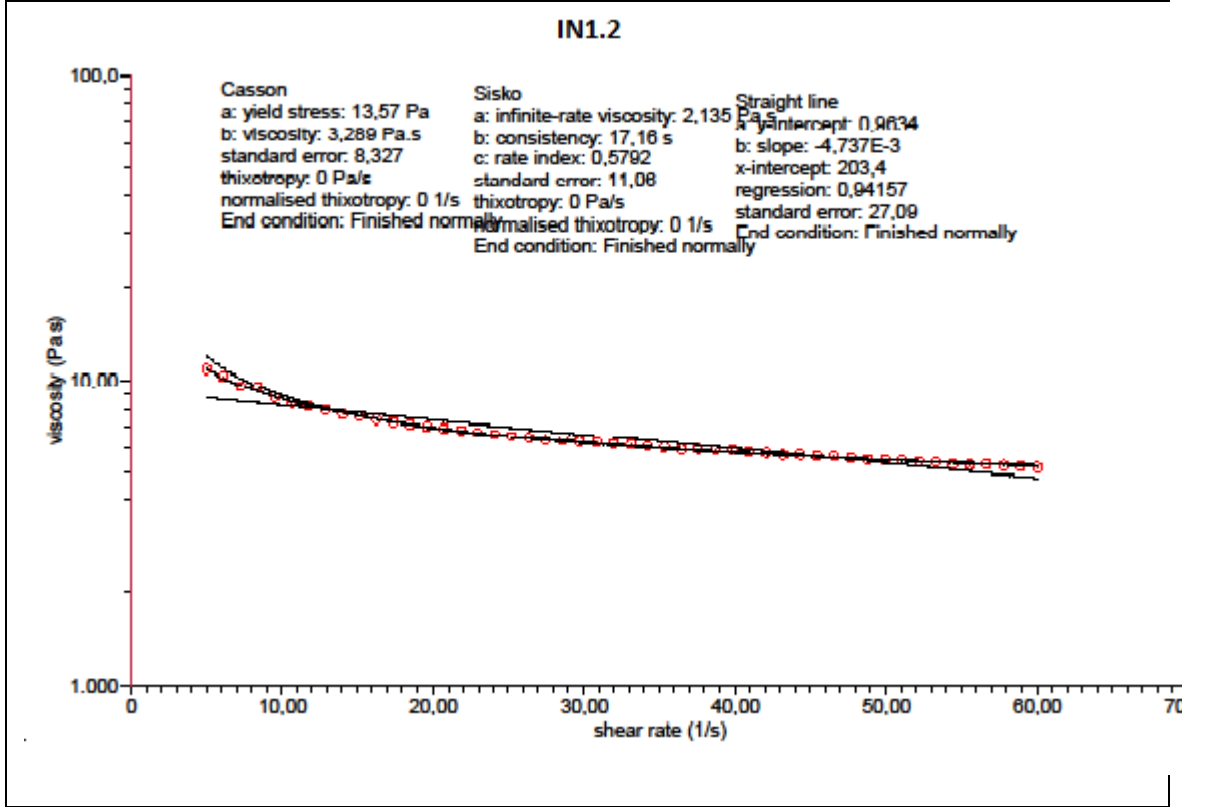
K8: % 0 prebiyotik bileşen, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



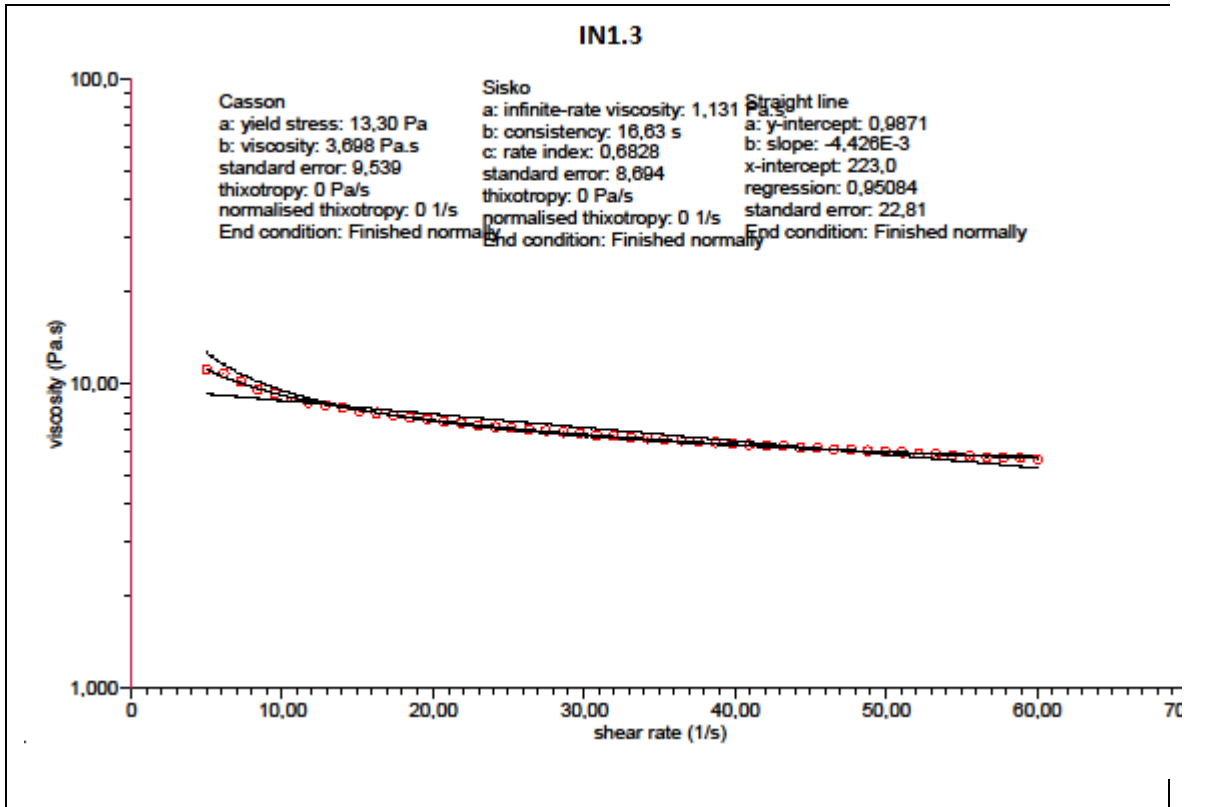
K9: % 0 prebiyotik bileşen, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



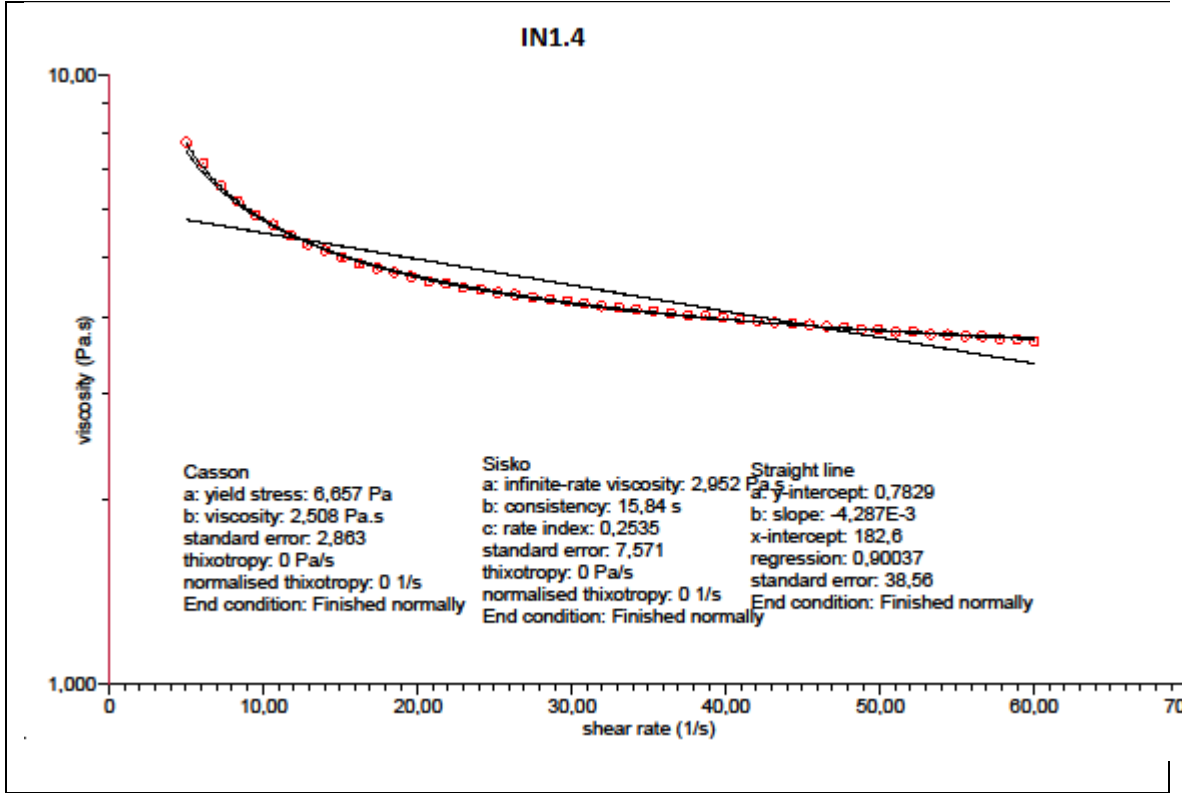
IN1.1: % 6 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



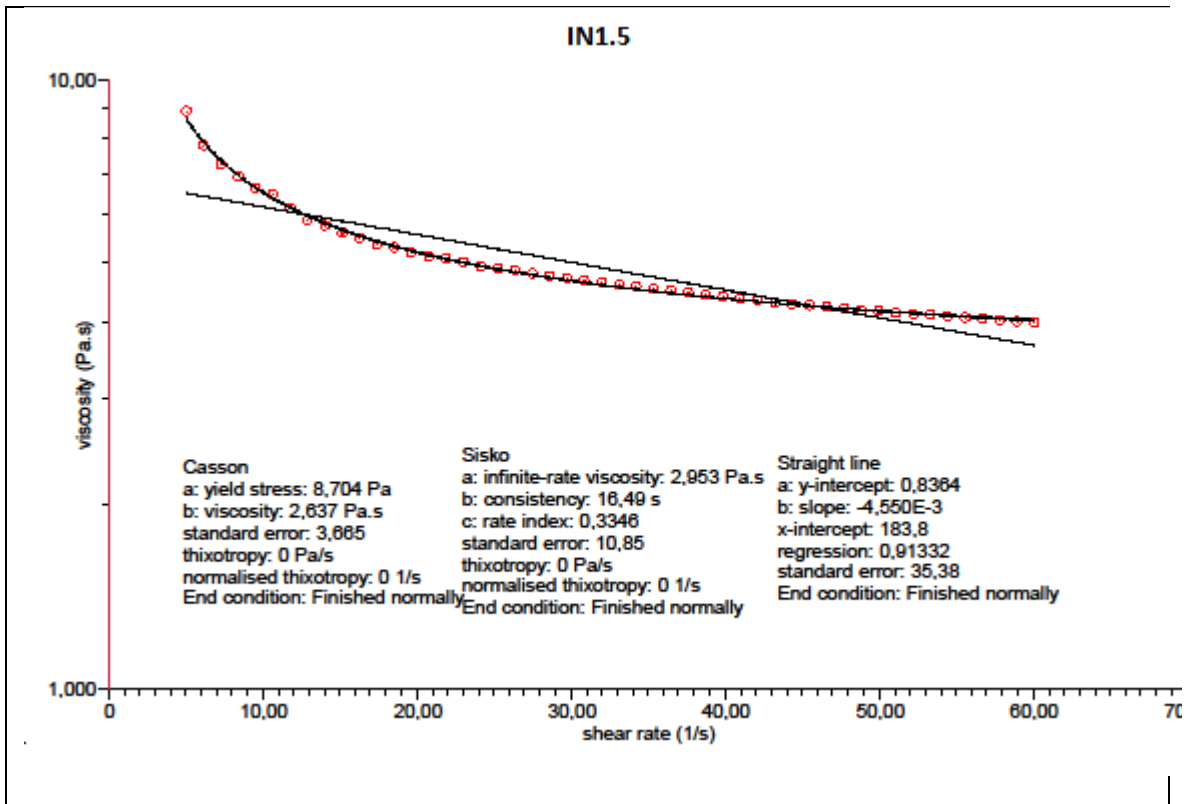
IN1.2: % 6 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



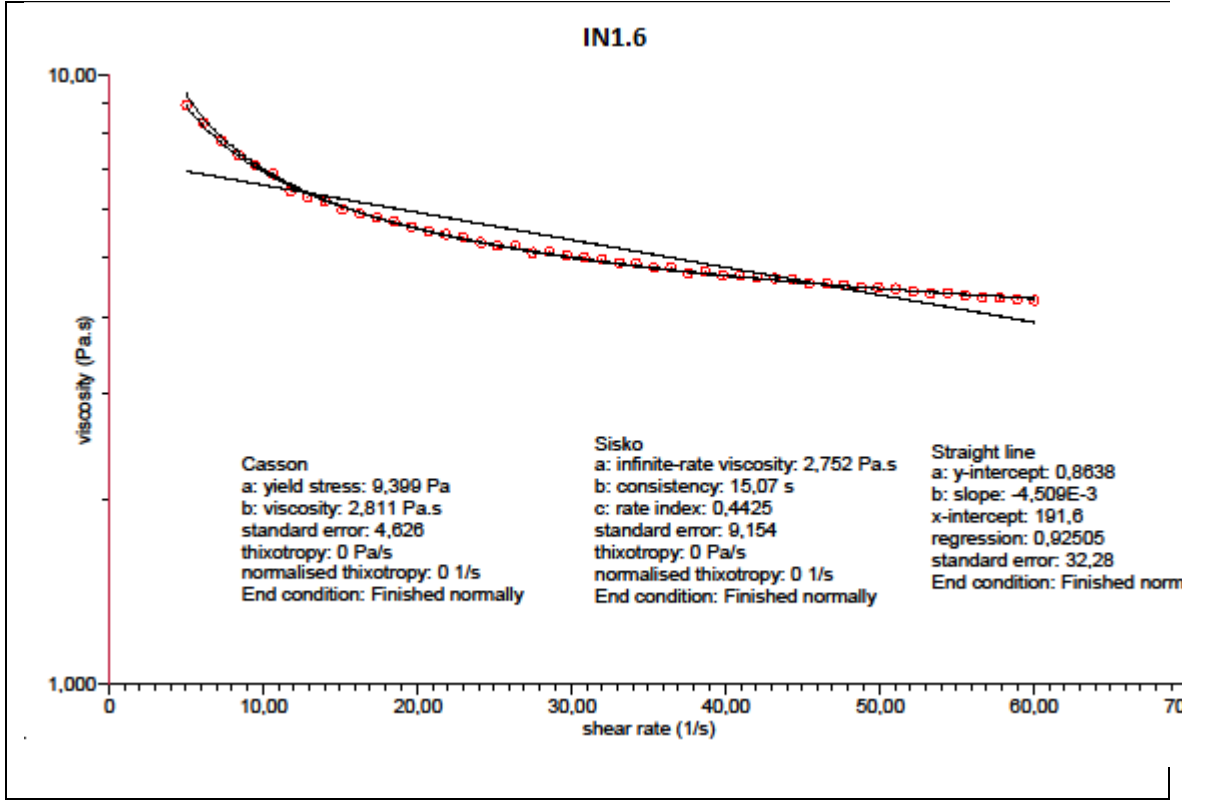
IN1.3: % 6 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



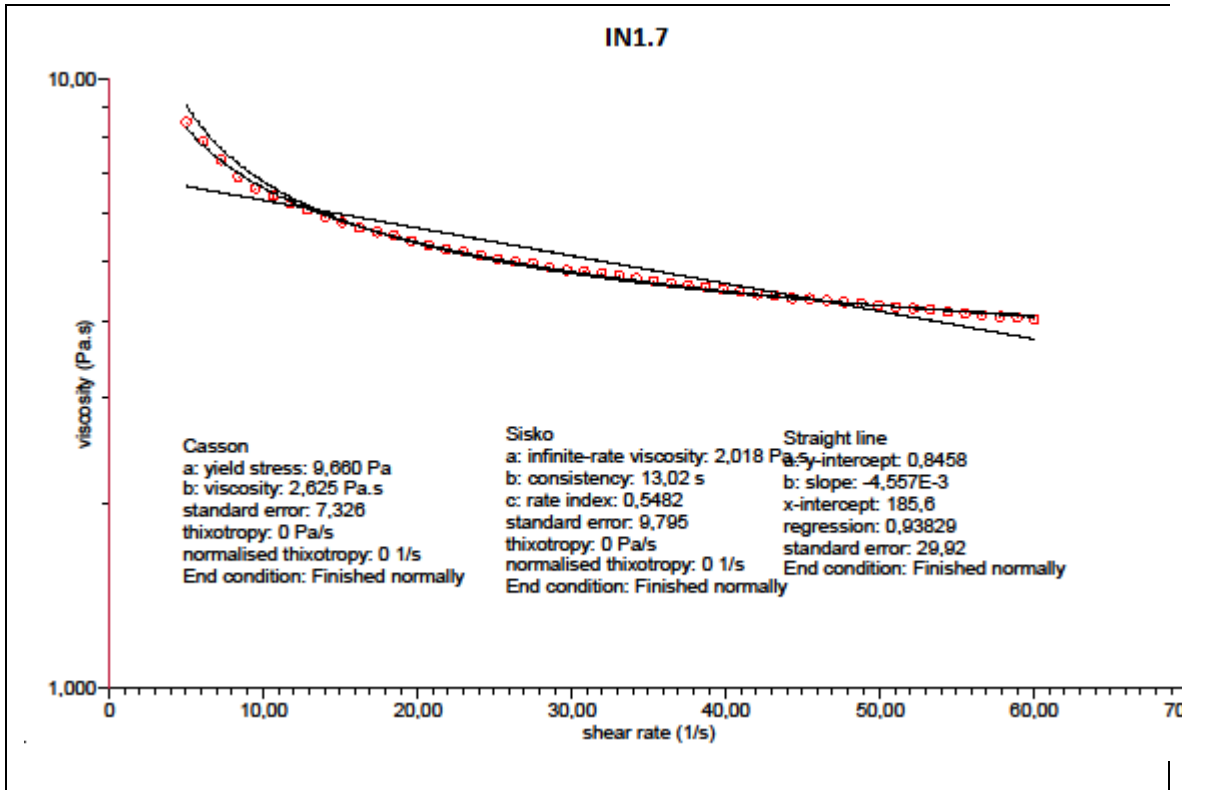
IN1.4: % 6 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



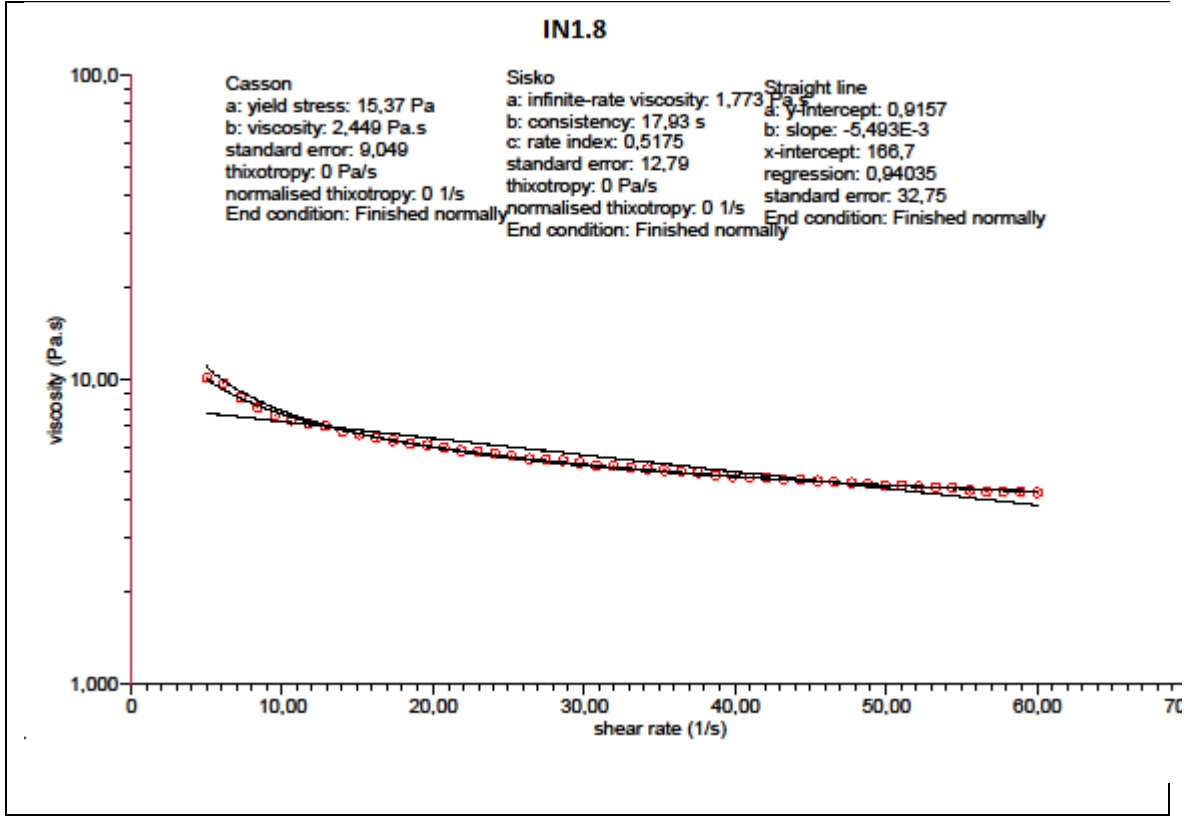
IN1.5: % 6 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



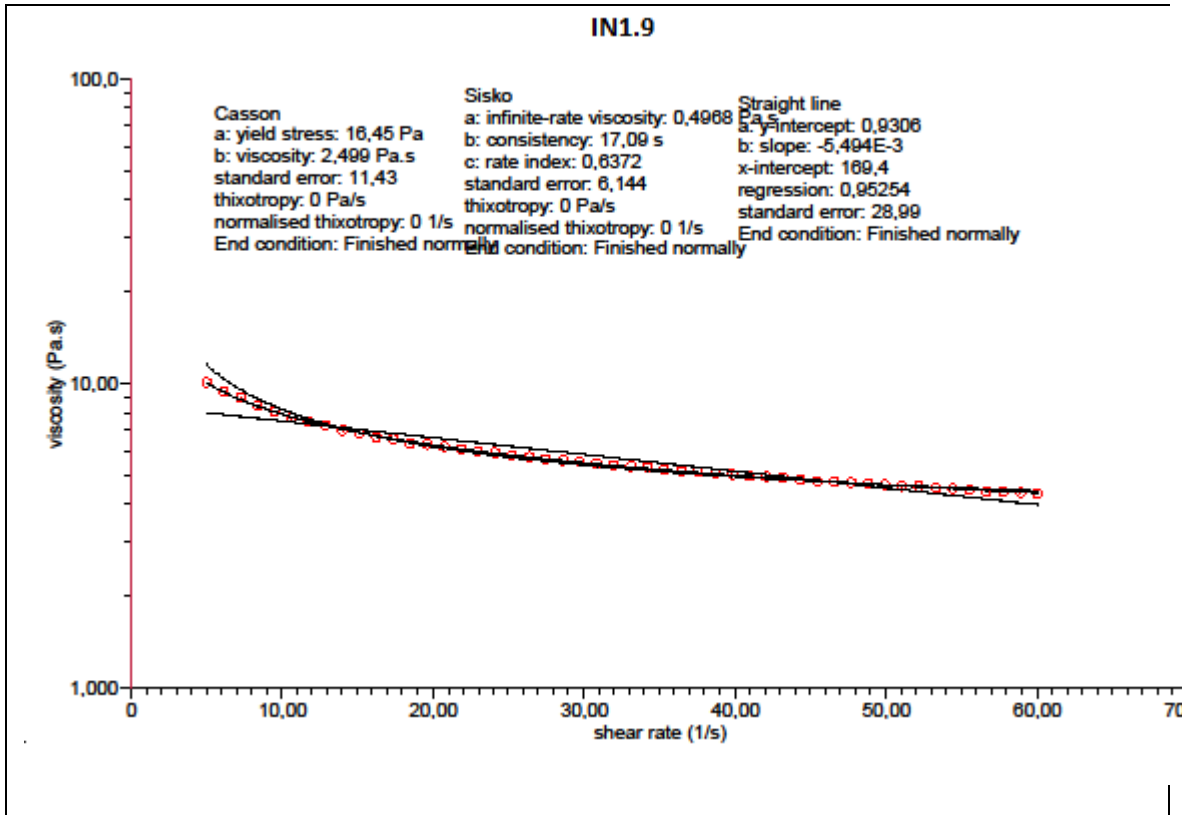
IN1.6: % 6 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



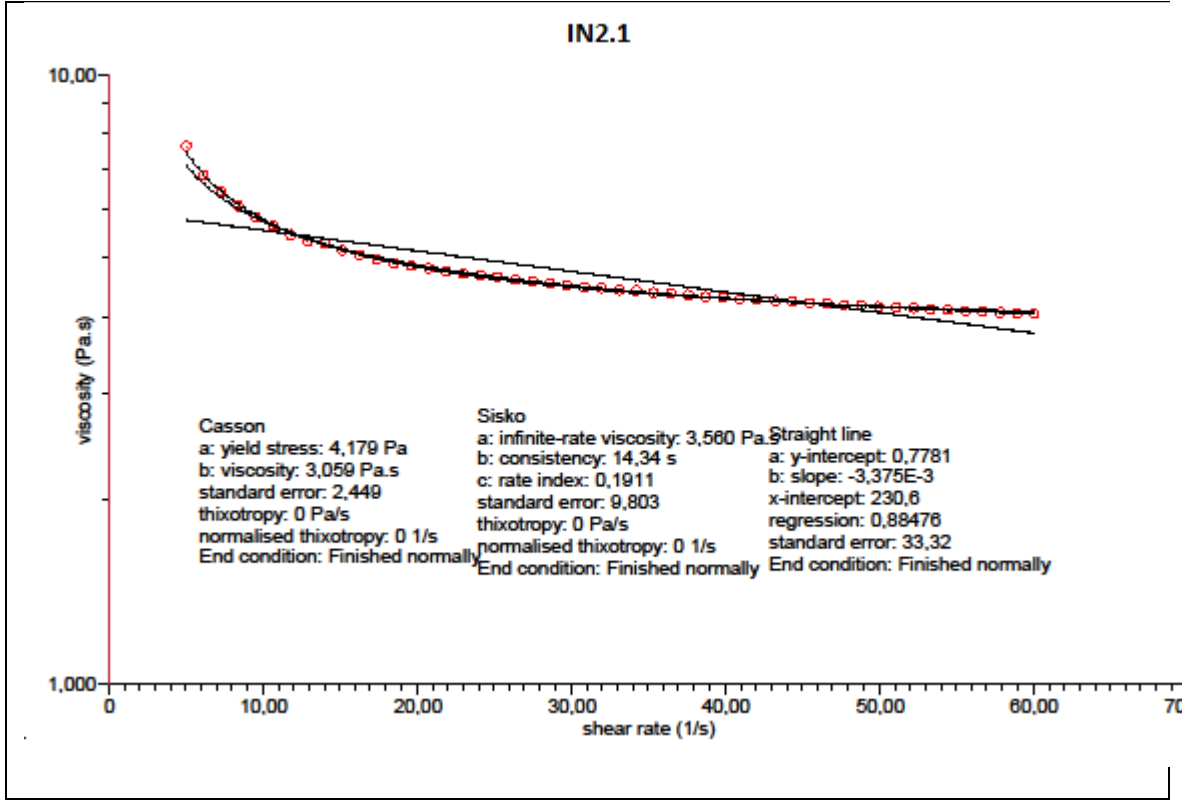
IN1.7: % 6 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



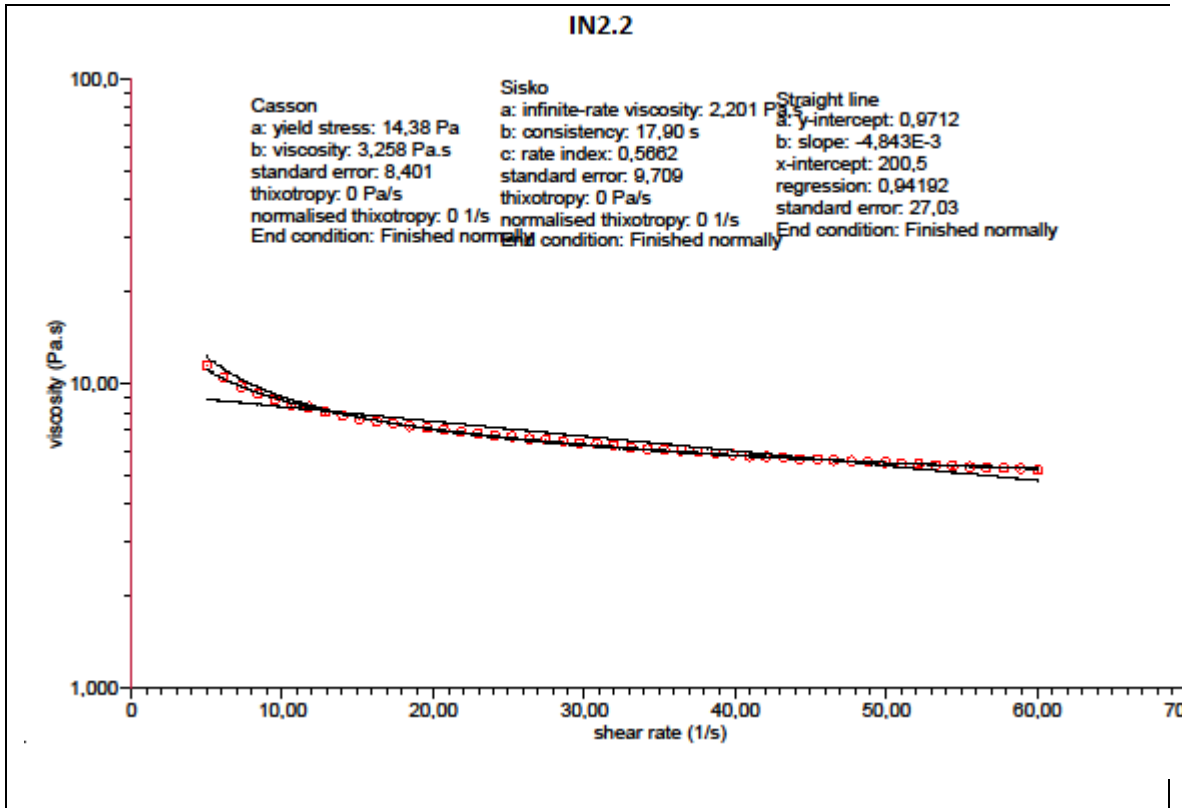
IN1.8: % 6 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



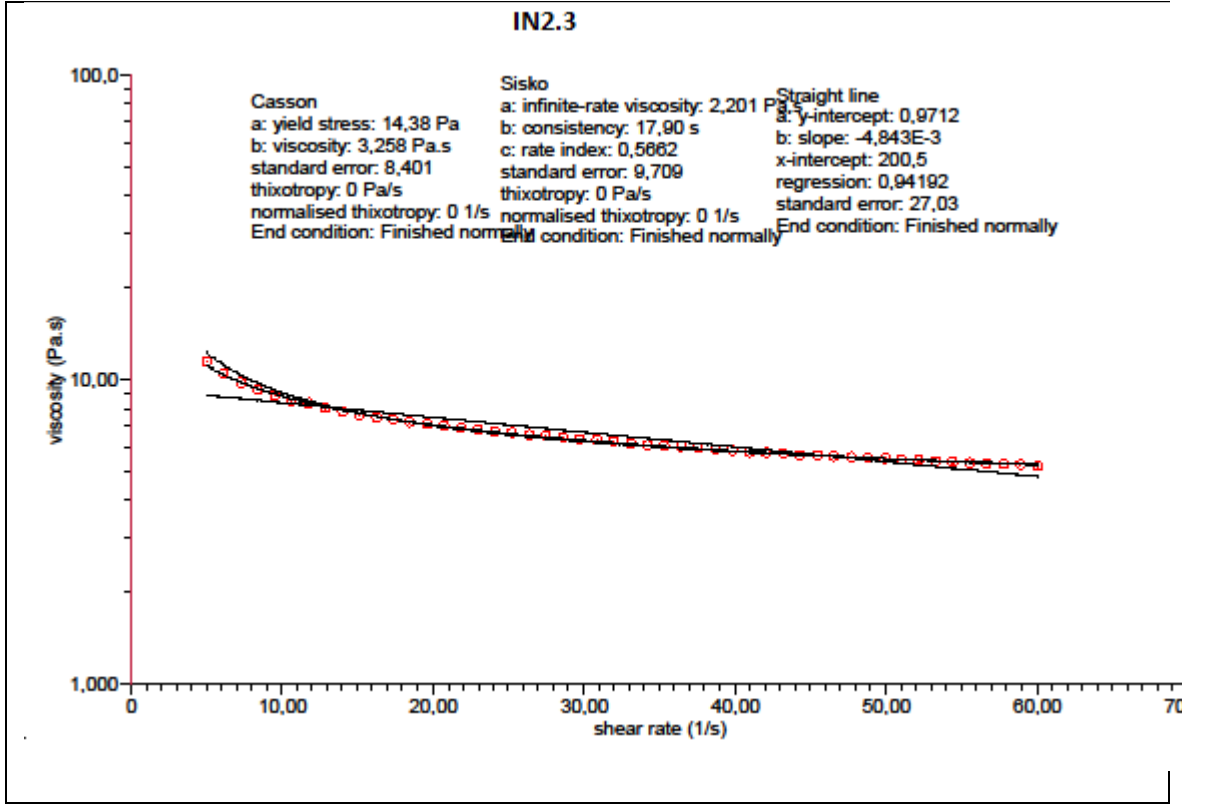
IN1.9: % 6 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



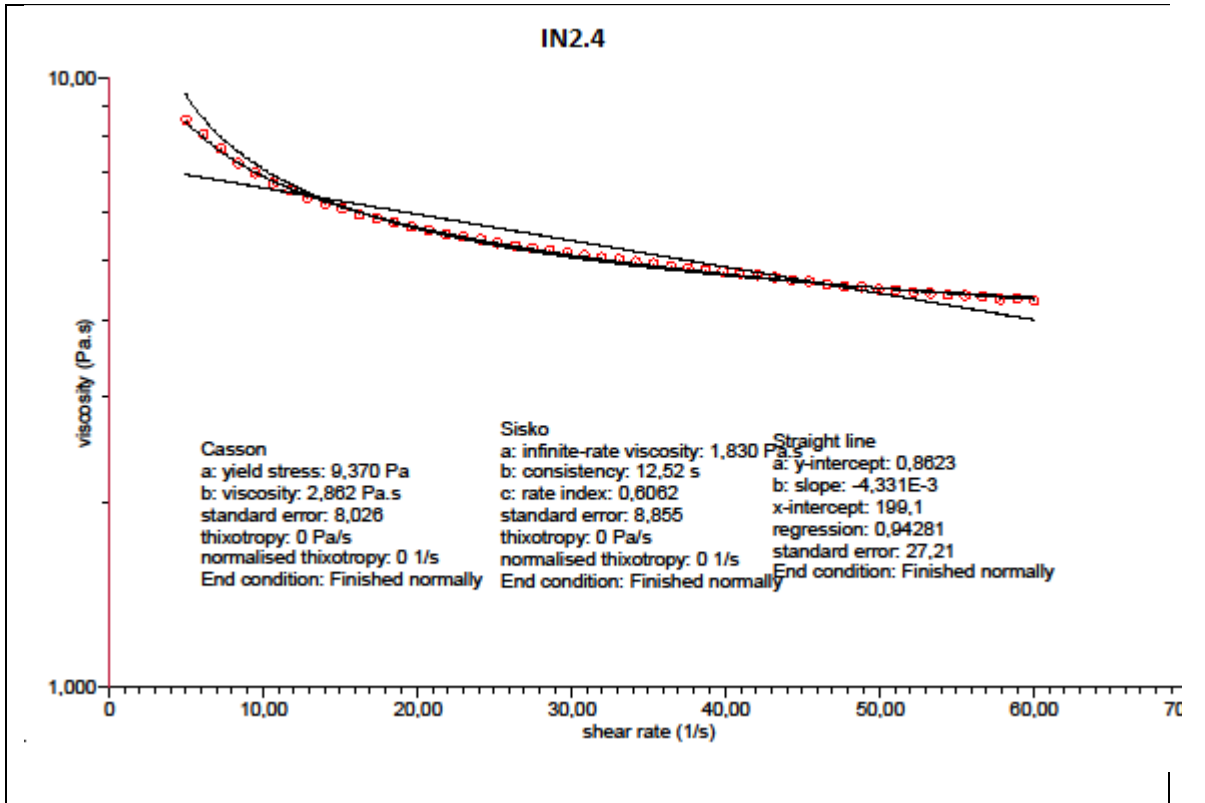
IN2.1: % 9 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



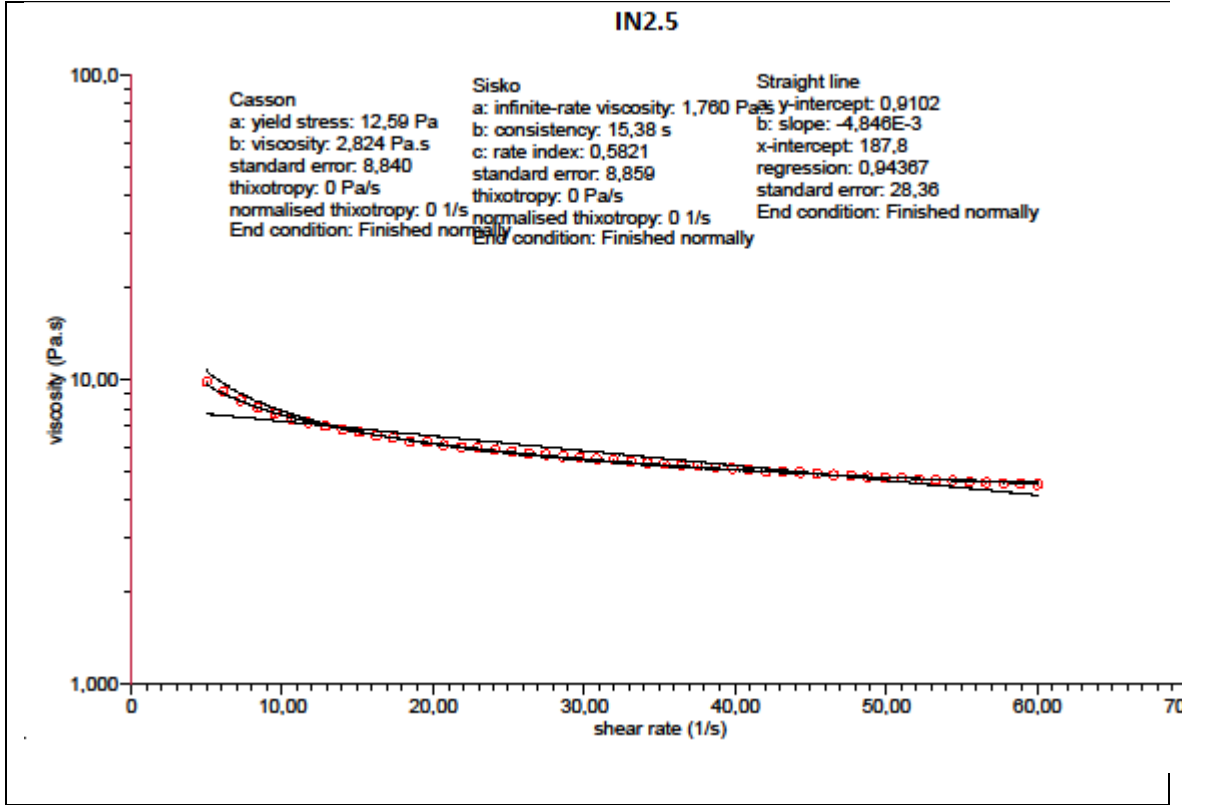
IN2.2: % 9 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



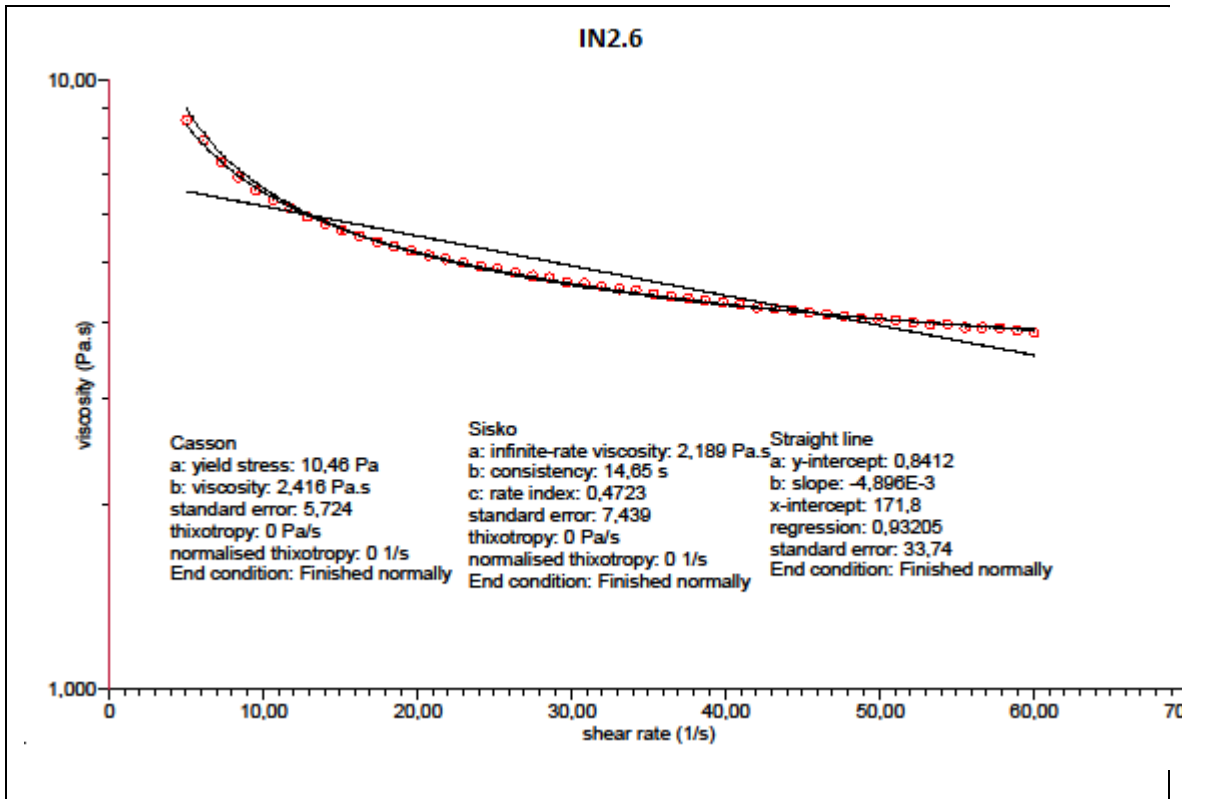
IN2.3: % 9 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



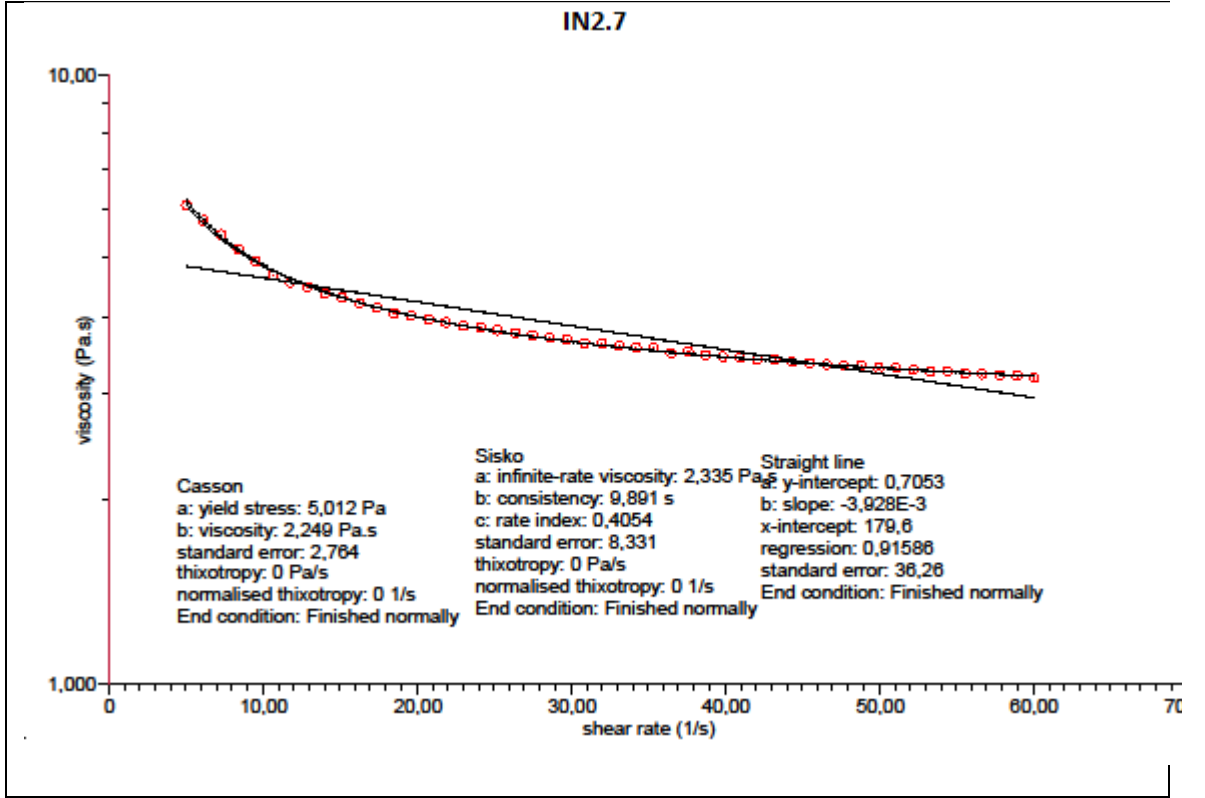
IN2.4: % 9 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



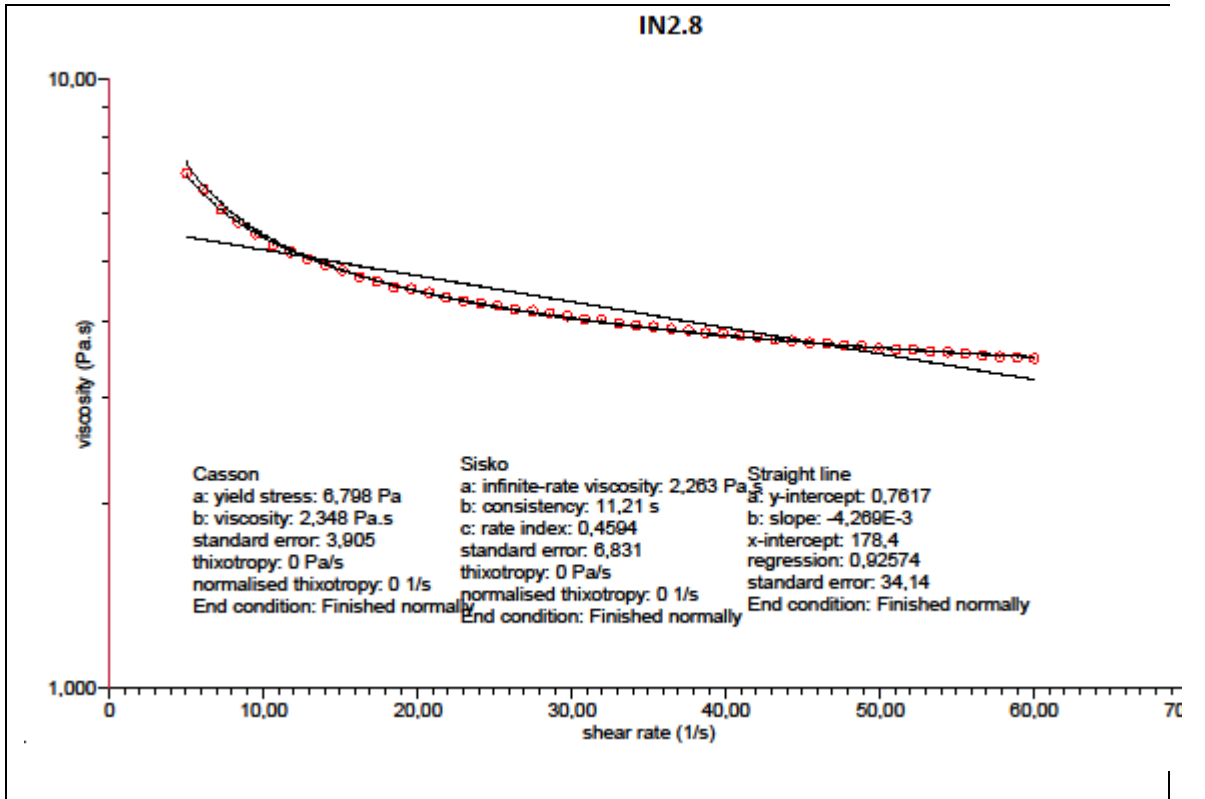
IN2.5: % 9 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



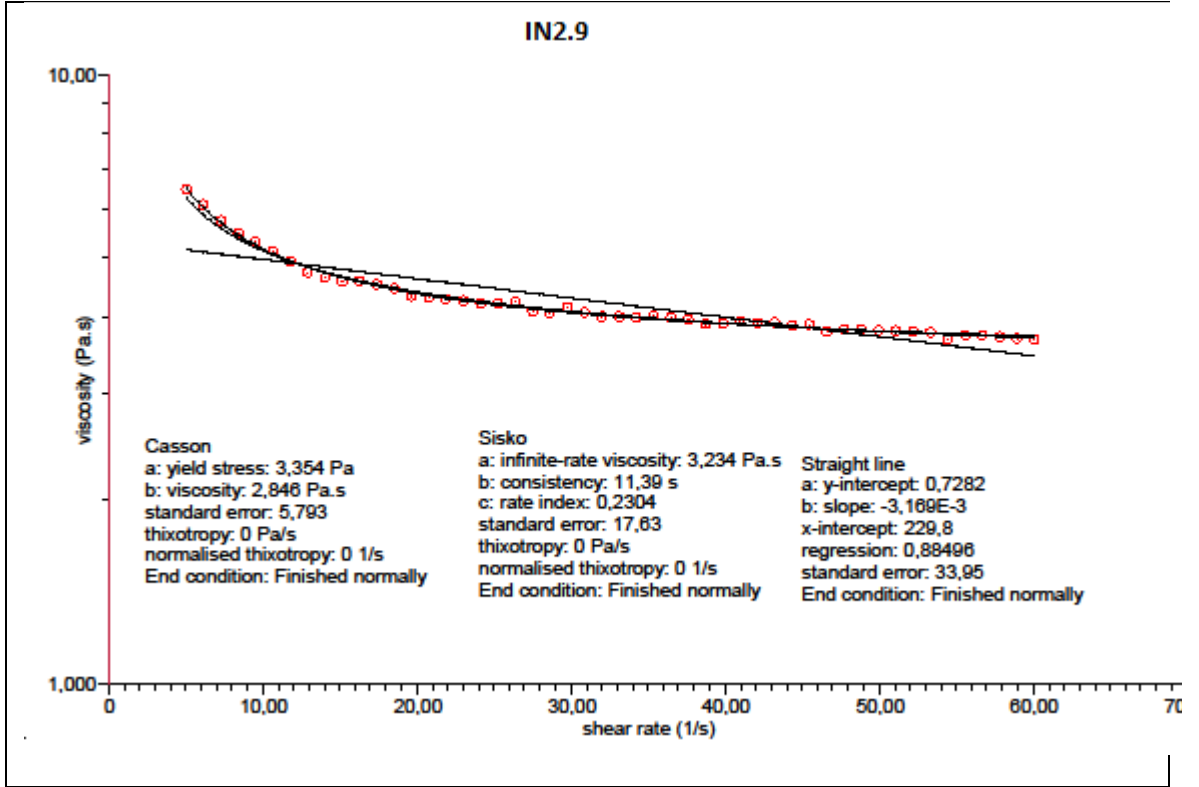
IN2.6: % 9 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



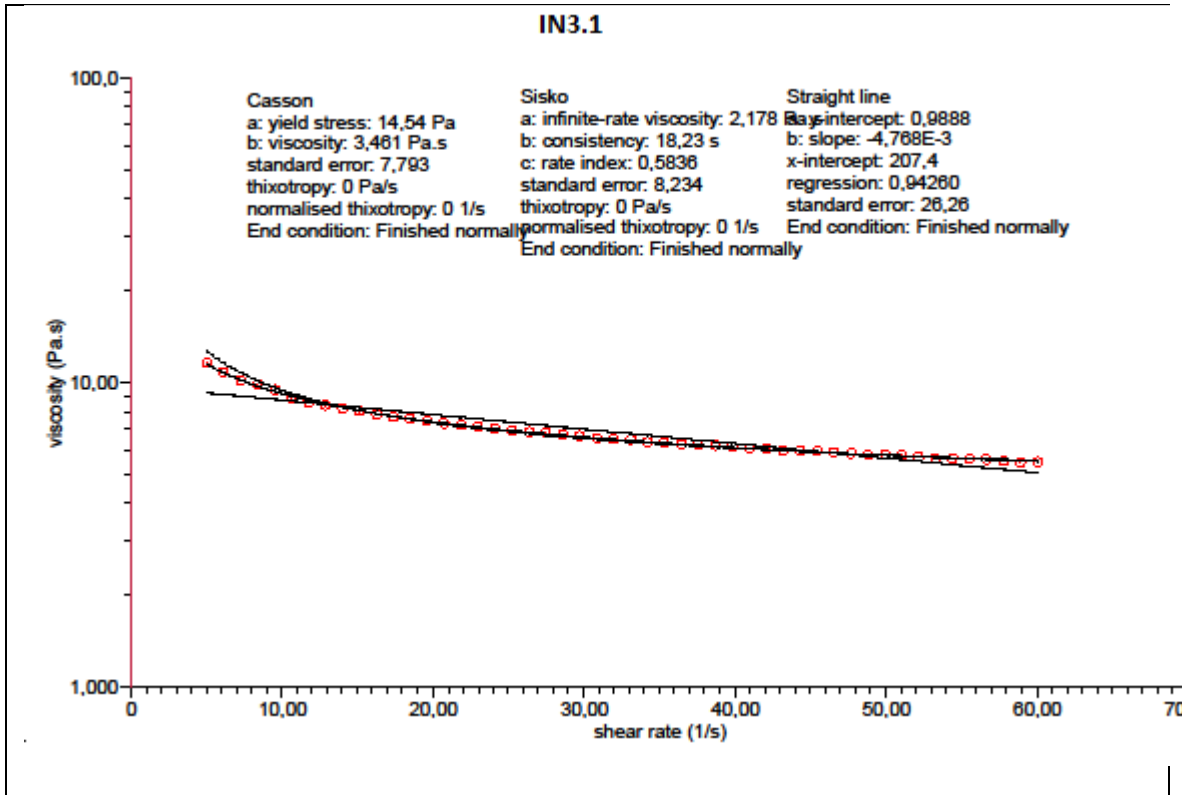
IN2.7: % 9 inülin, 28 μm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



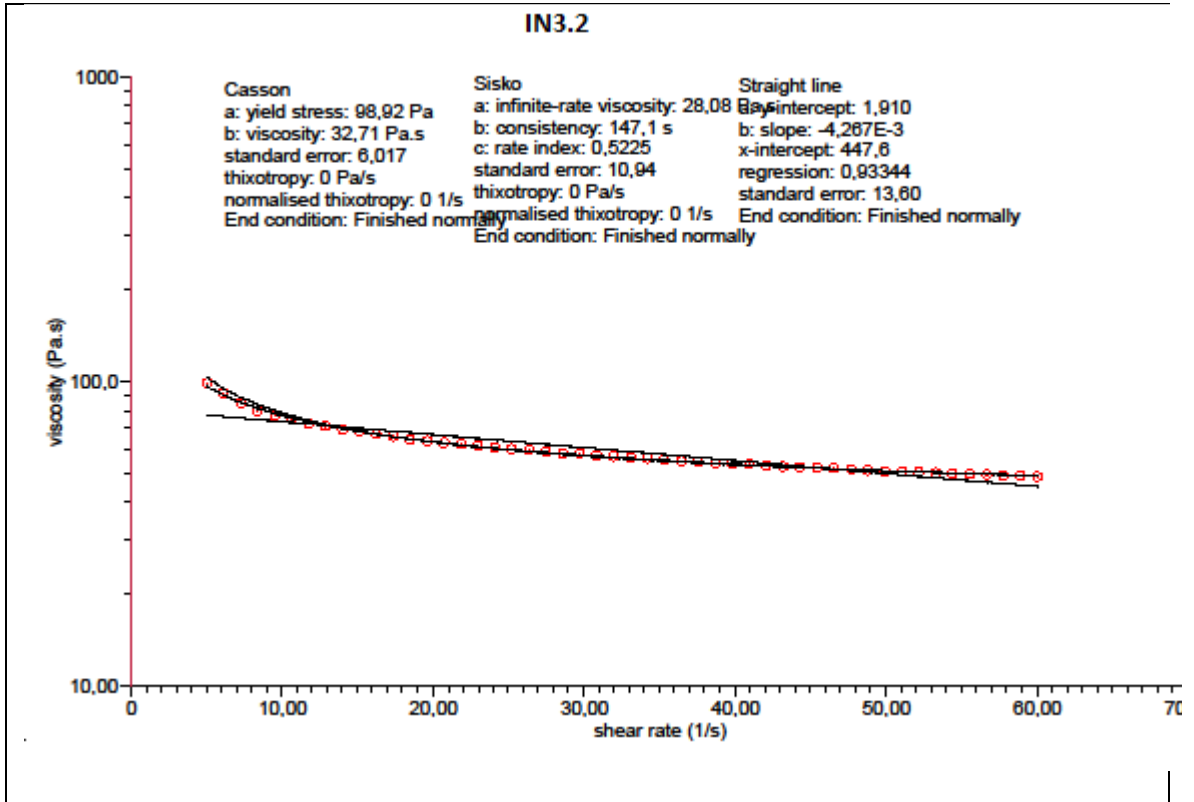
IN2.8: % 9 inülin, 28 μm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



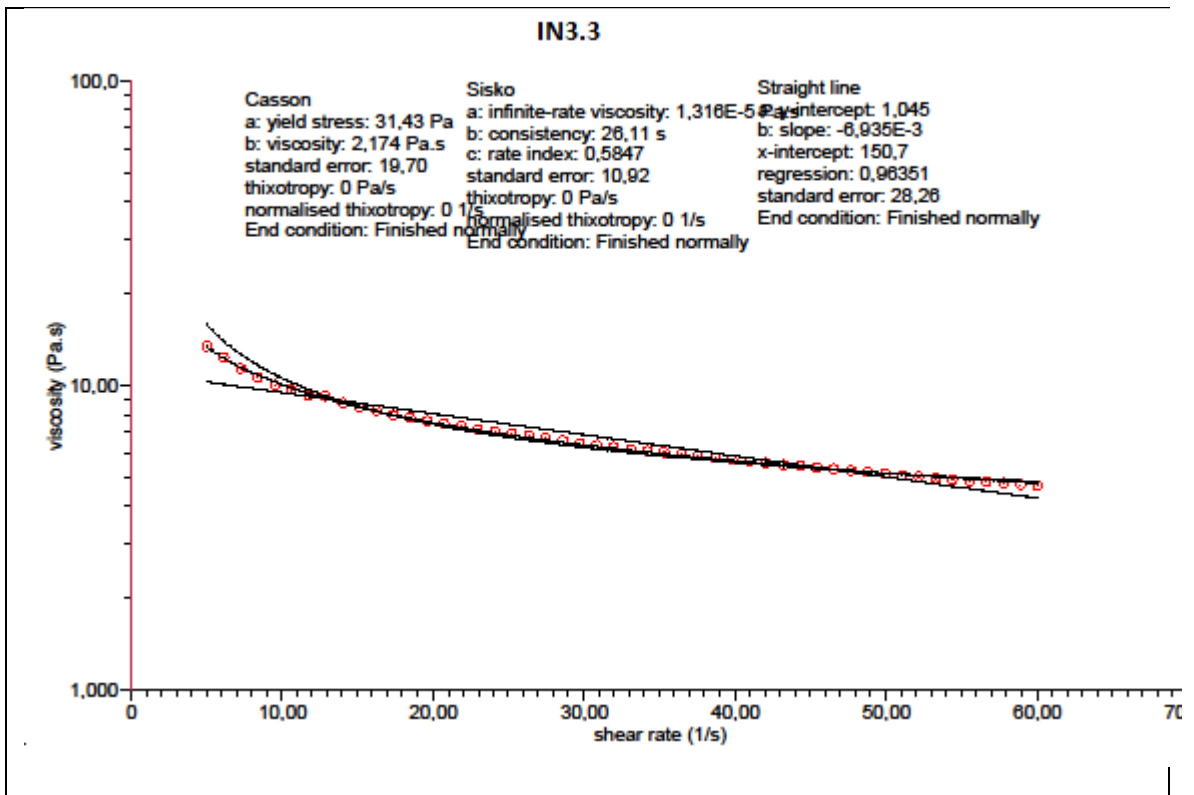
IN2.9: % 9 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



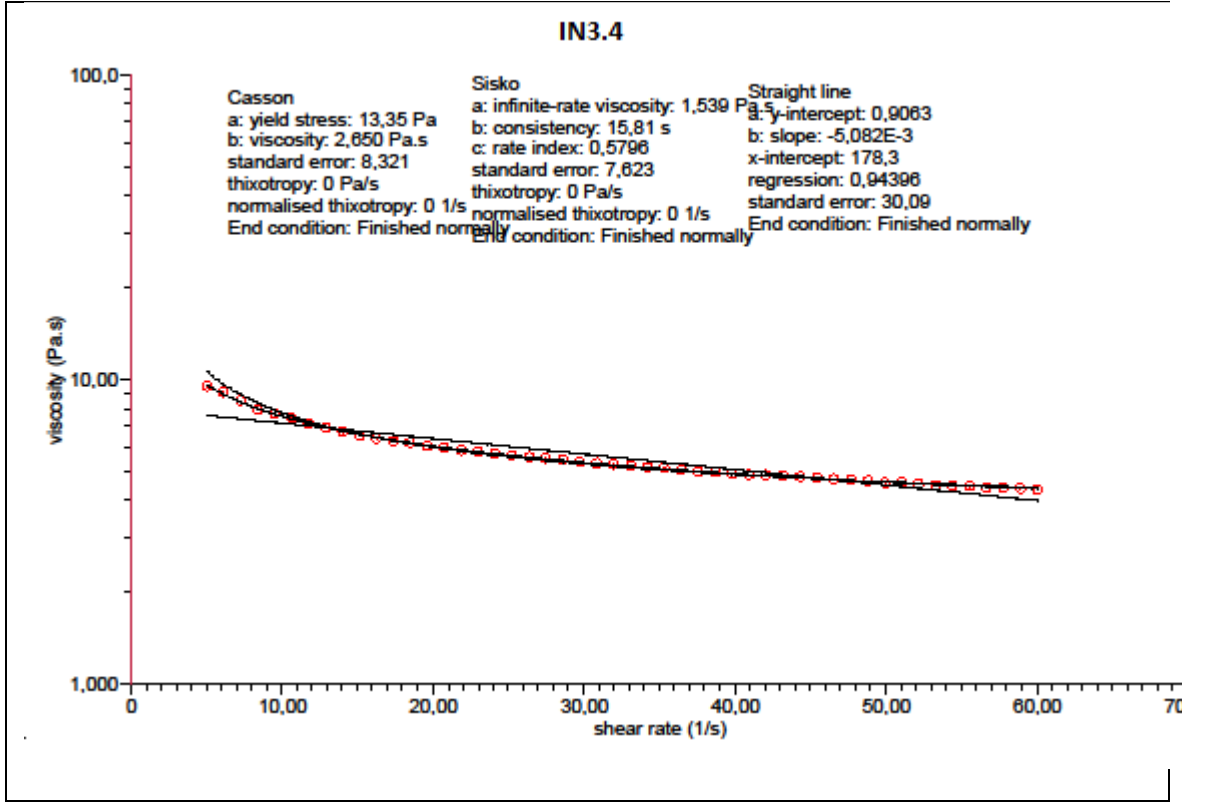
IN3.1: % 12 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



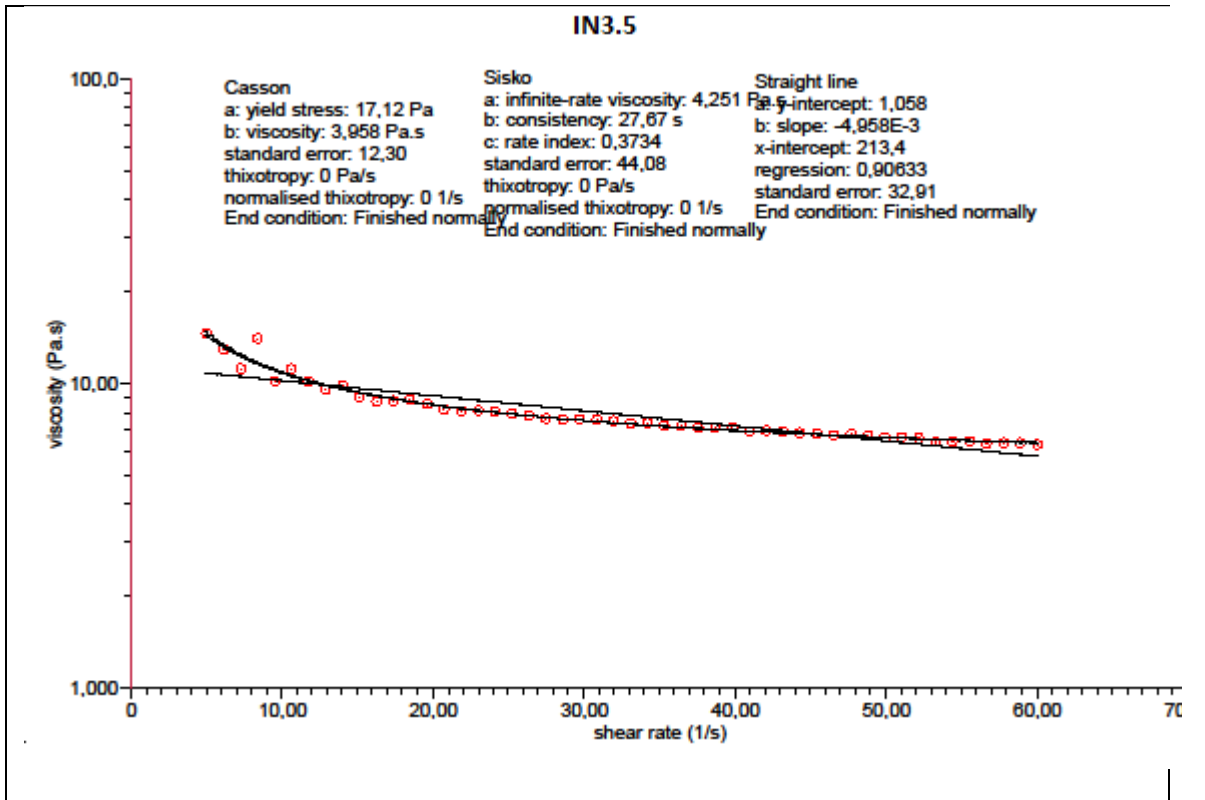
IN3.2: % 12 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



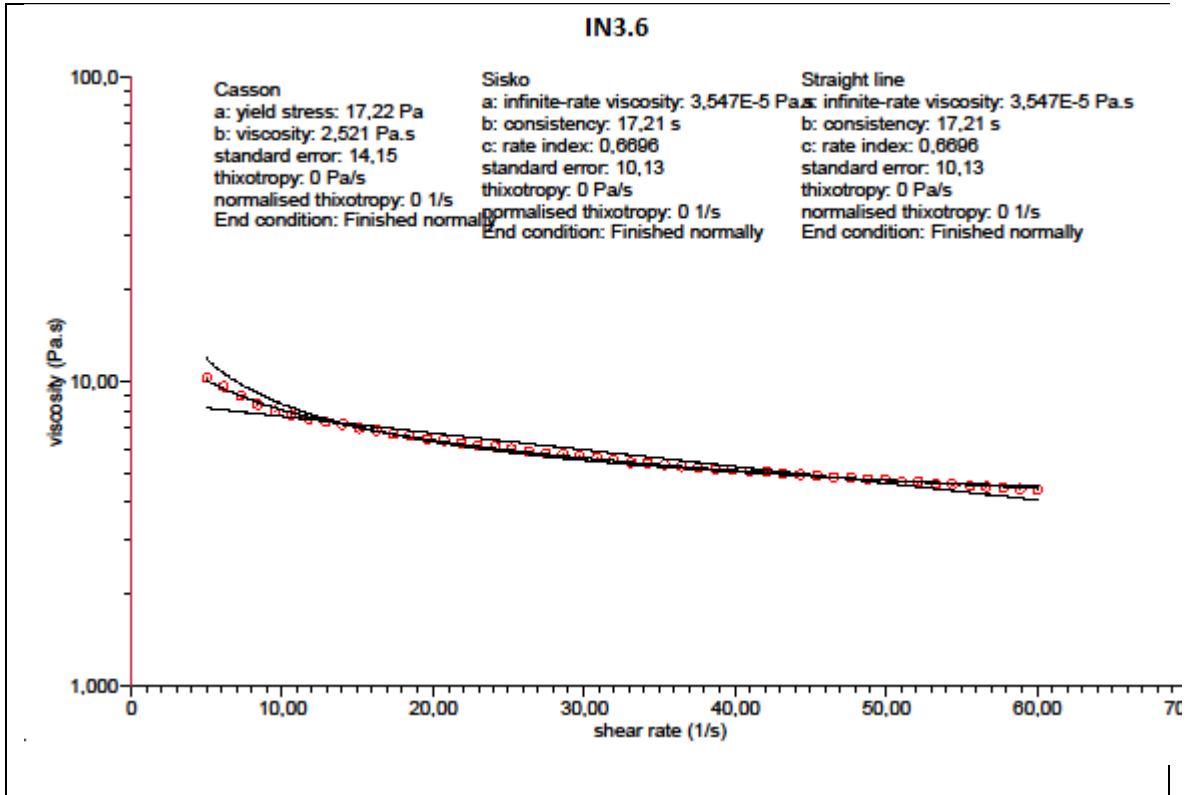
IN3.3: % 12 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



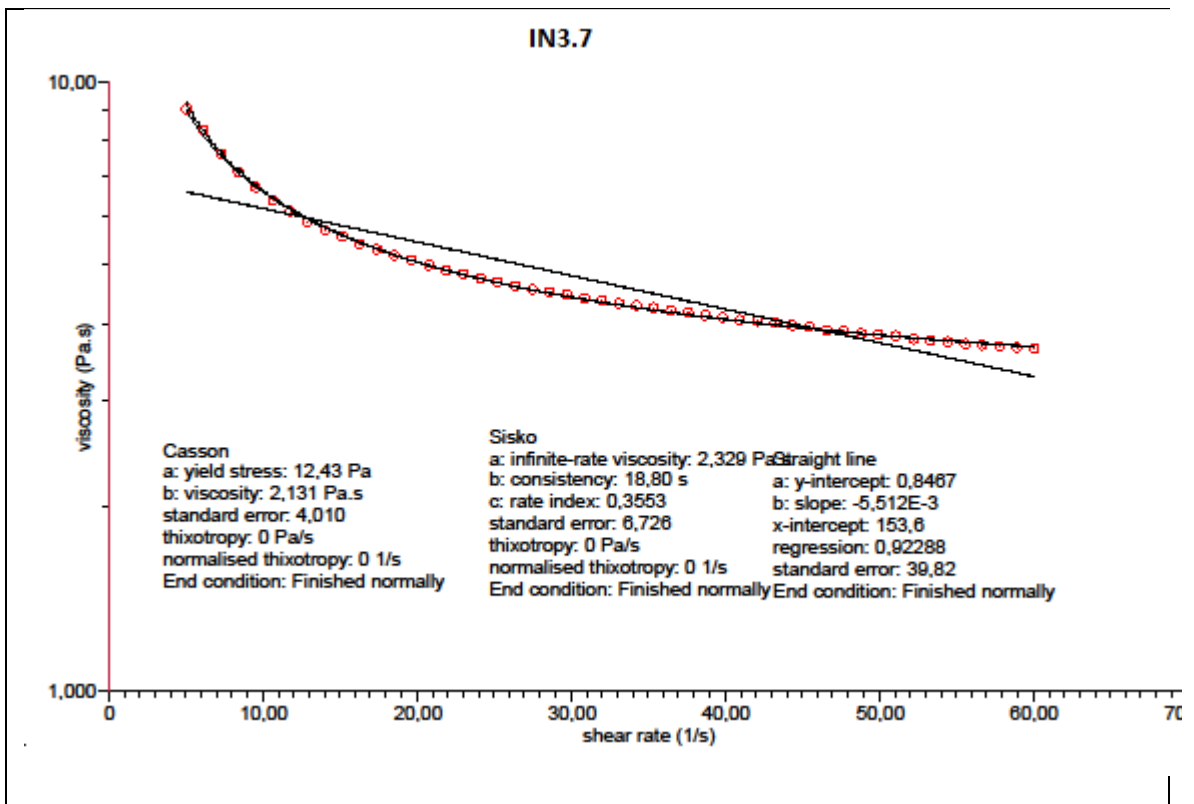
IN3.4: % 12 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



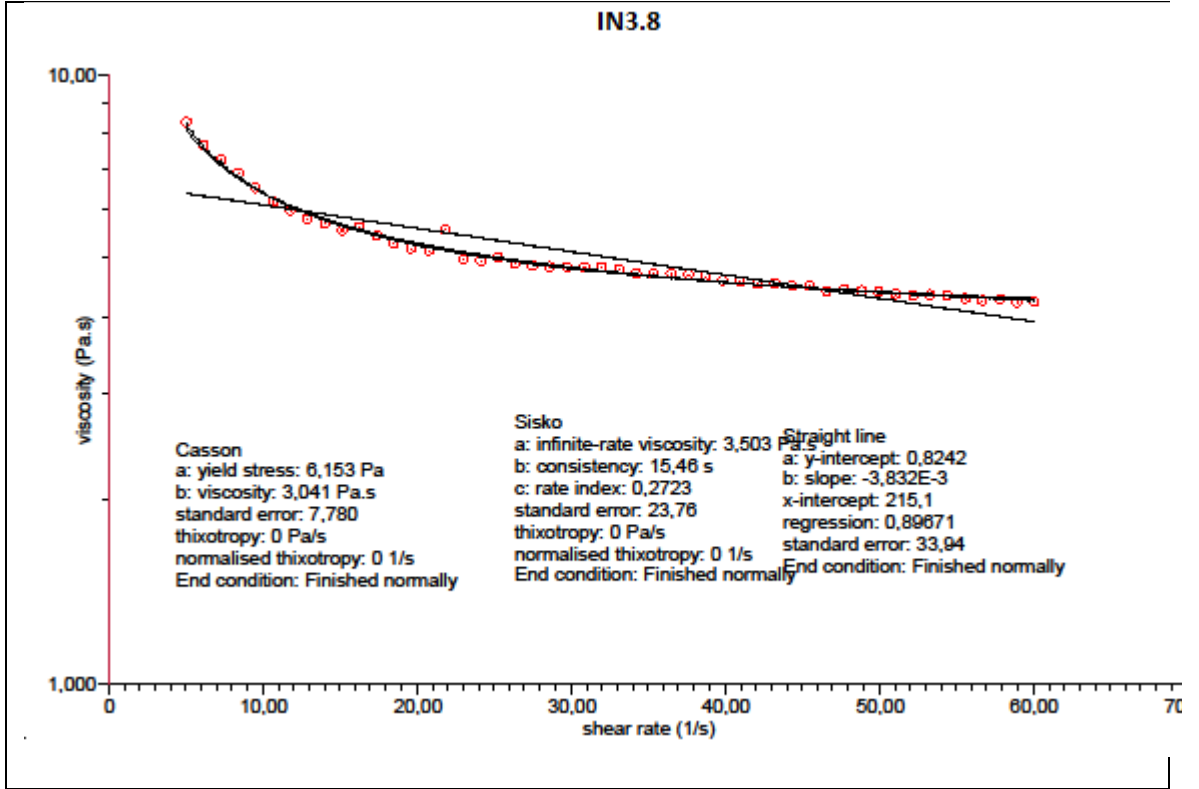
IN3.5: % 12 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



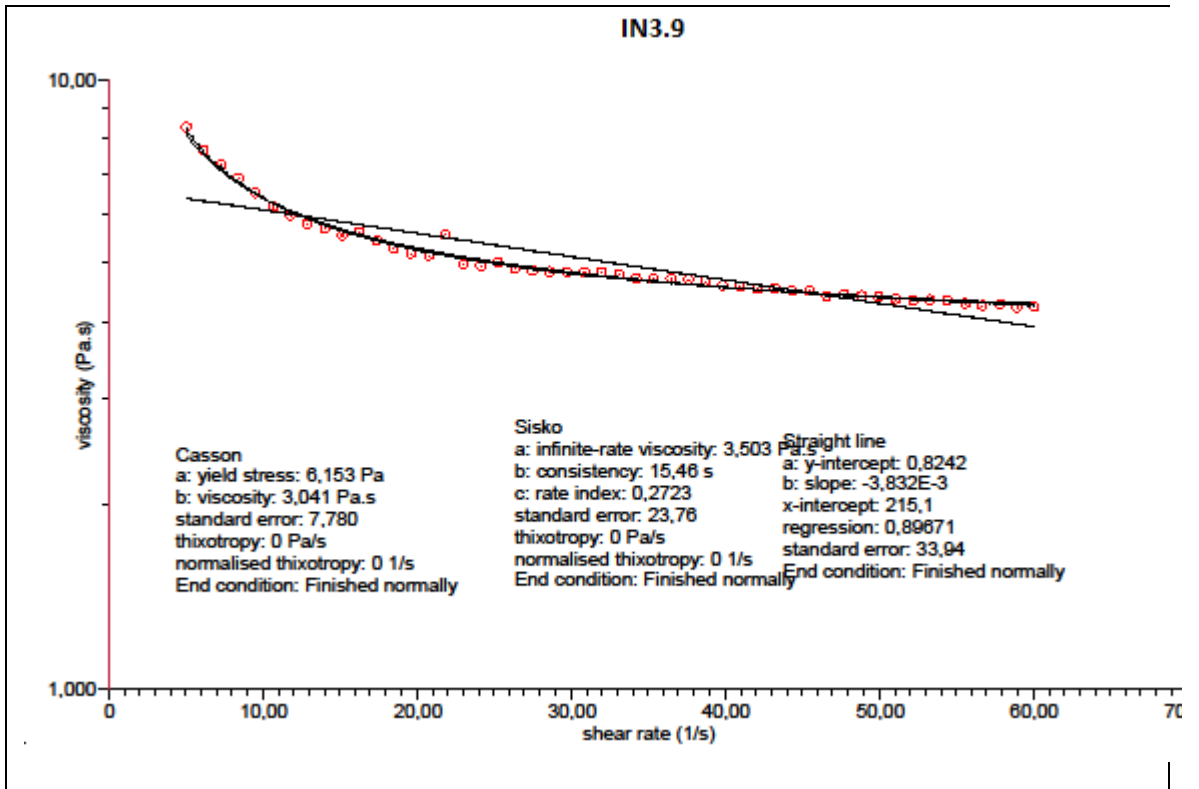
IN3.6: % 12 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



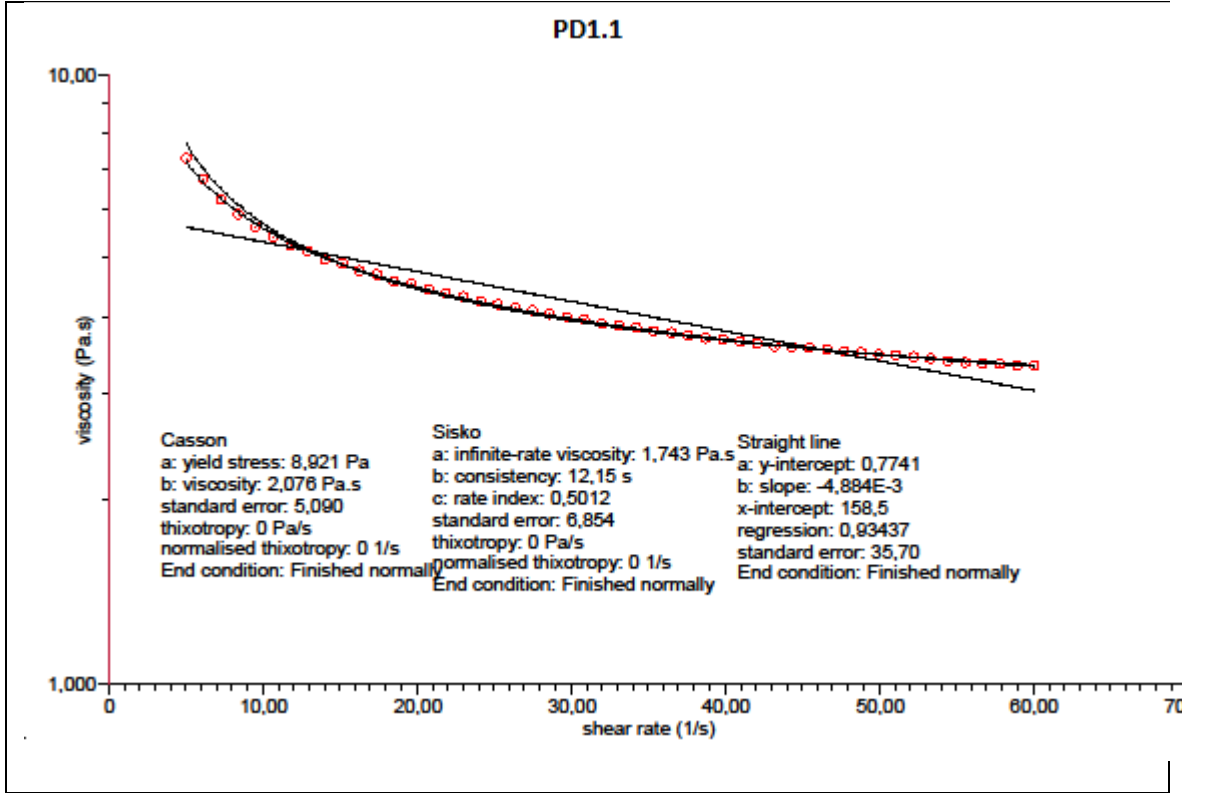
IN3.7: % 12 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



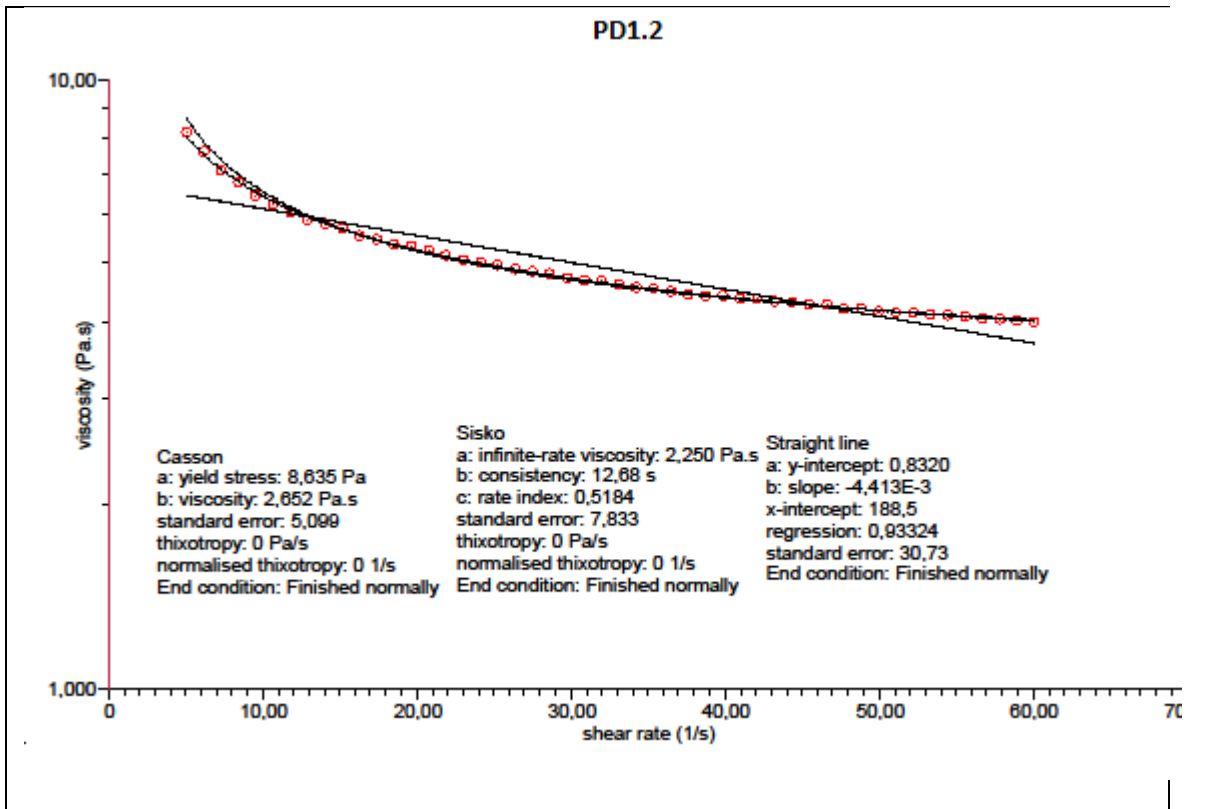
IN3.8: % 12 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



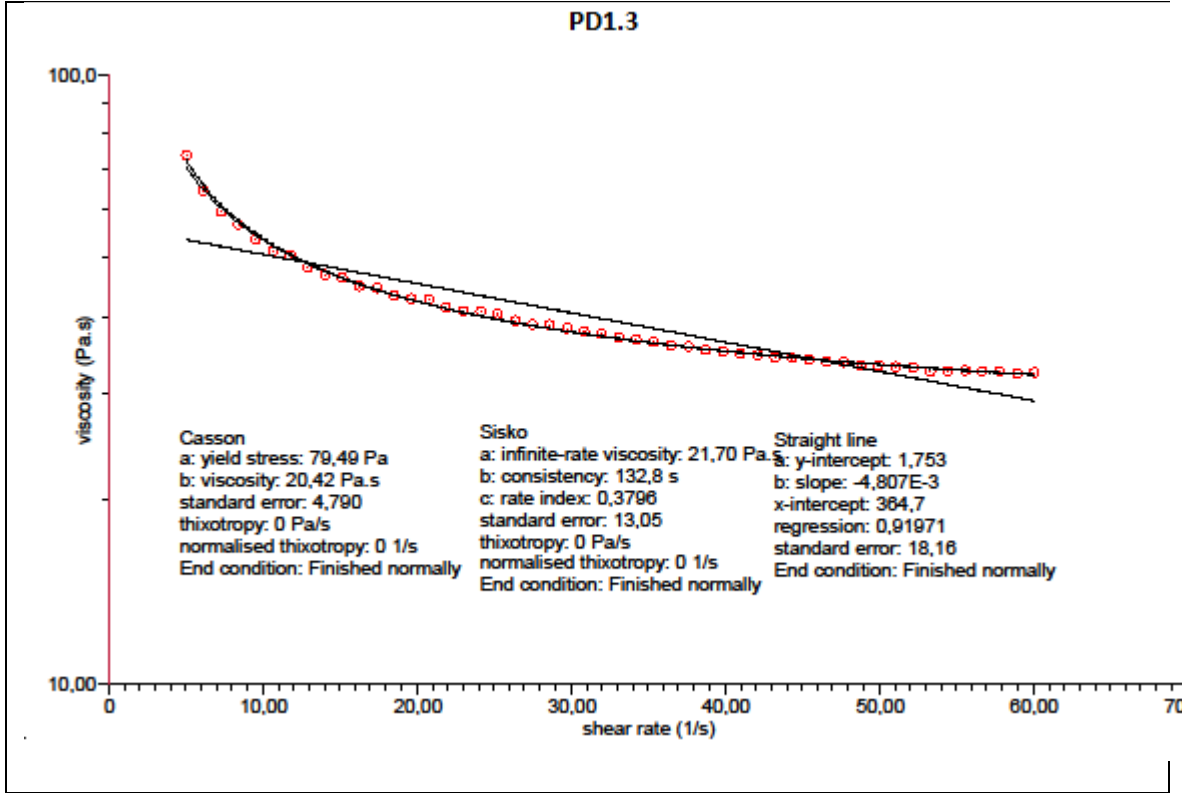
IN3.9: % 12 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



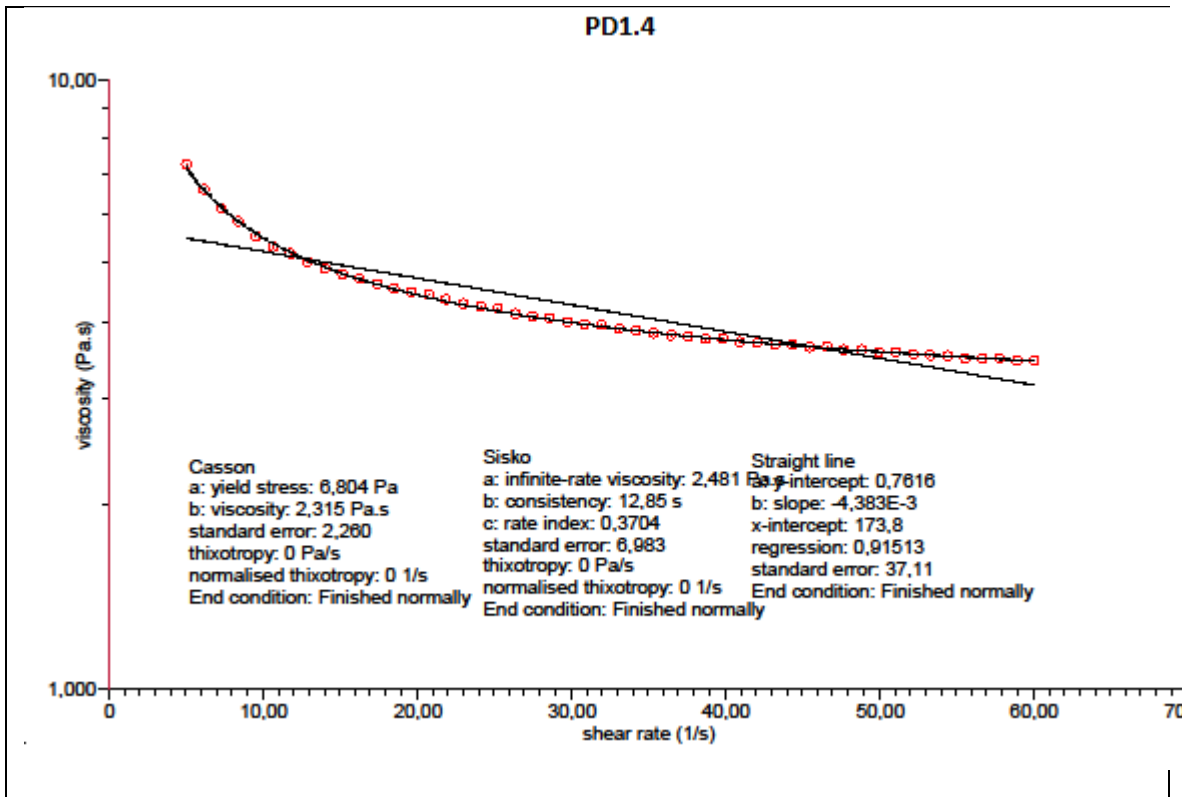
PD1.1: % 6 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



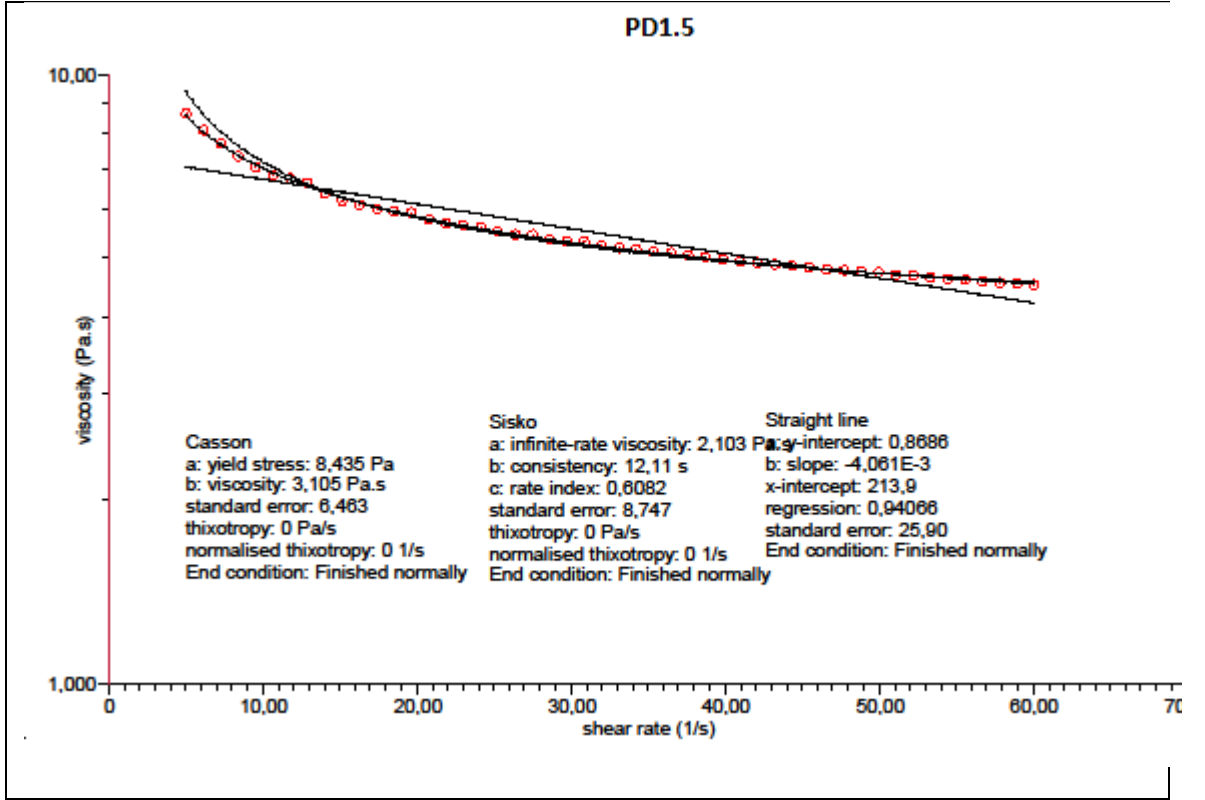
PD1.2: % 6 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



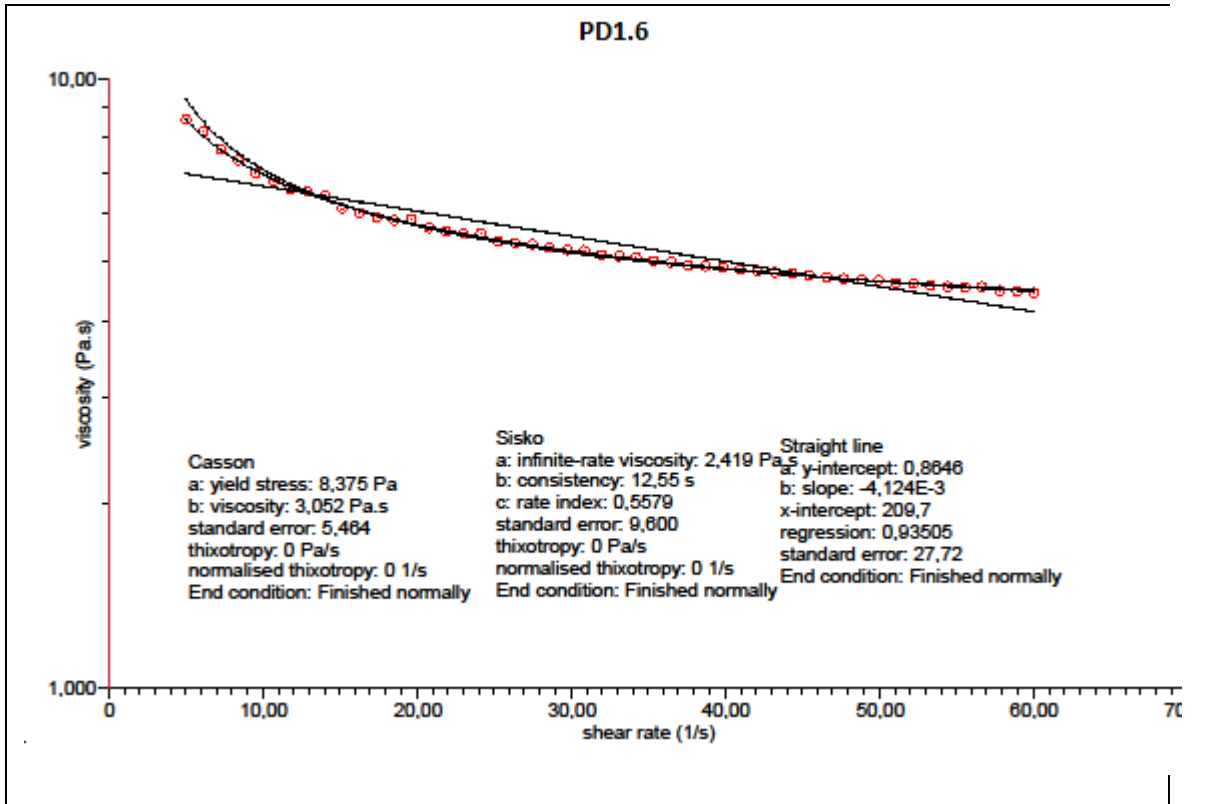
PD1.3: % 6 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4,5 saat konçlama süresi



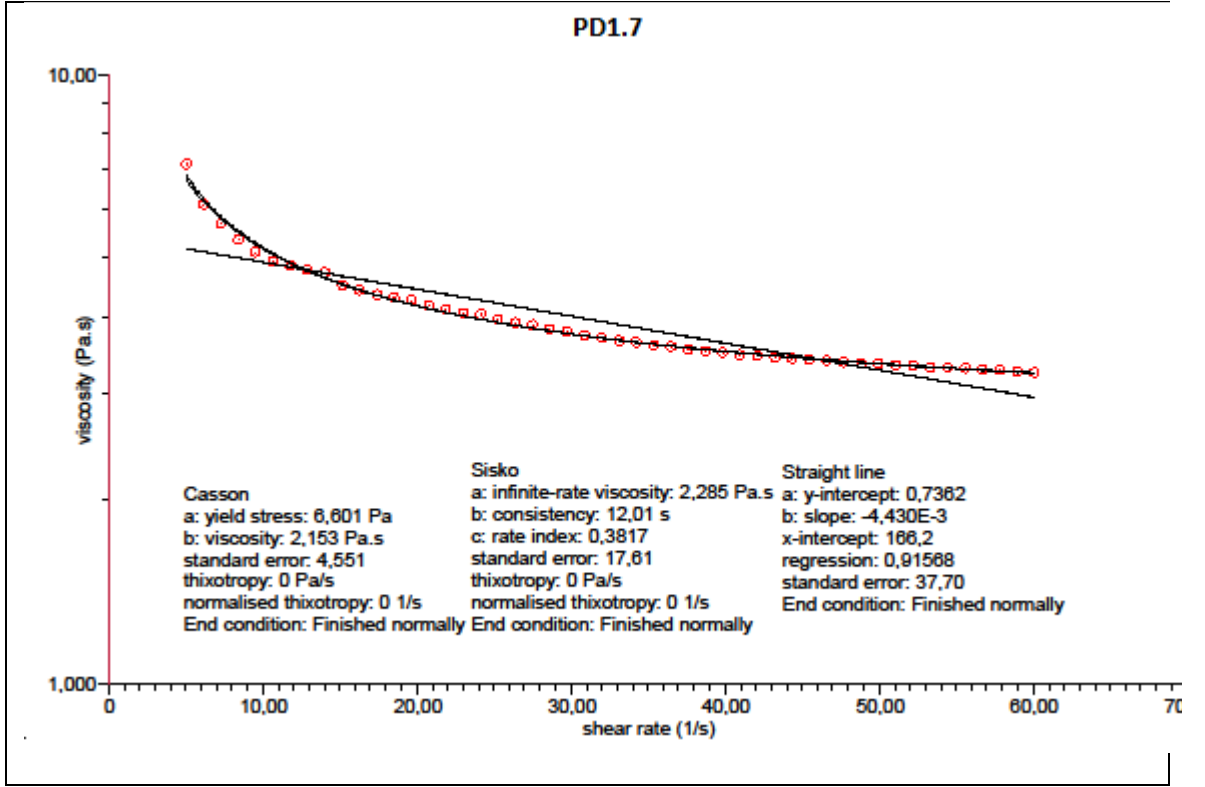
PD1.4: % 6 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 3,5 saat konçlama süresi



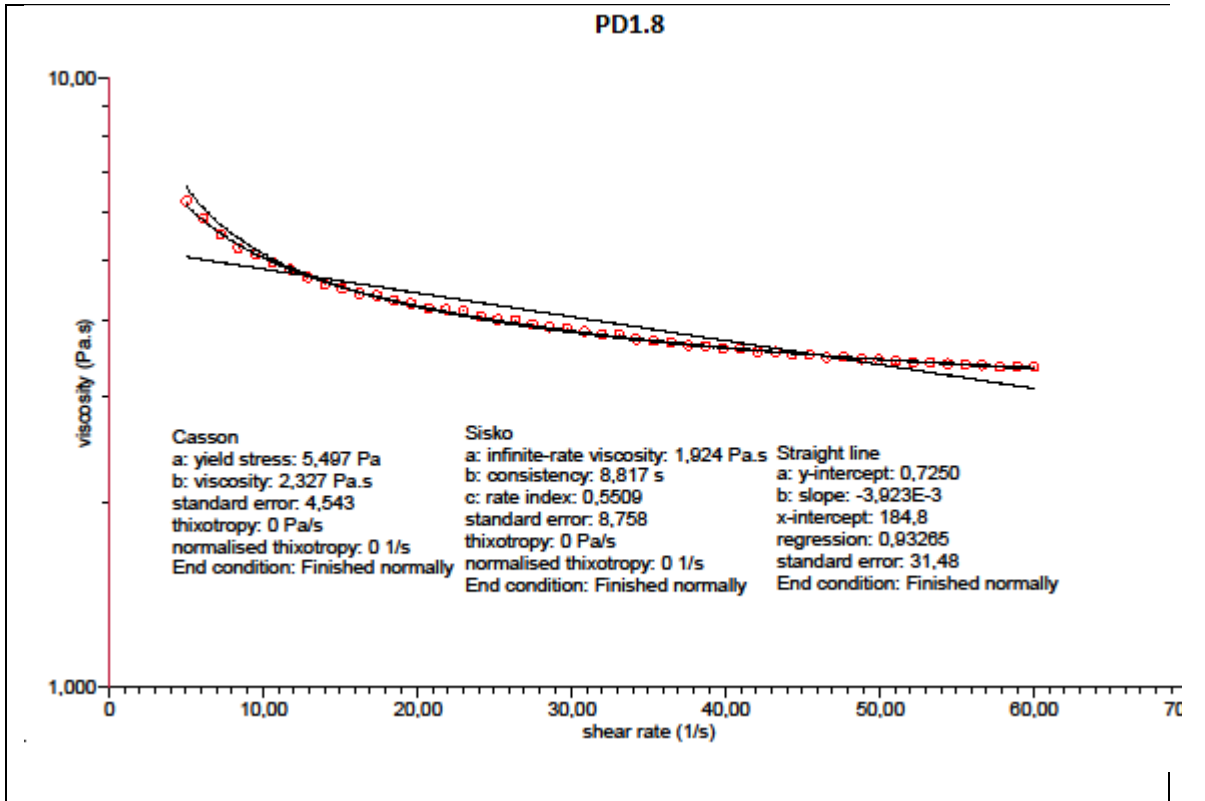
PD1.5: % 6 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



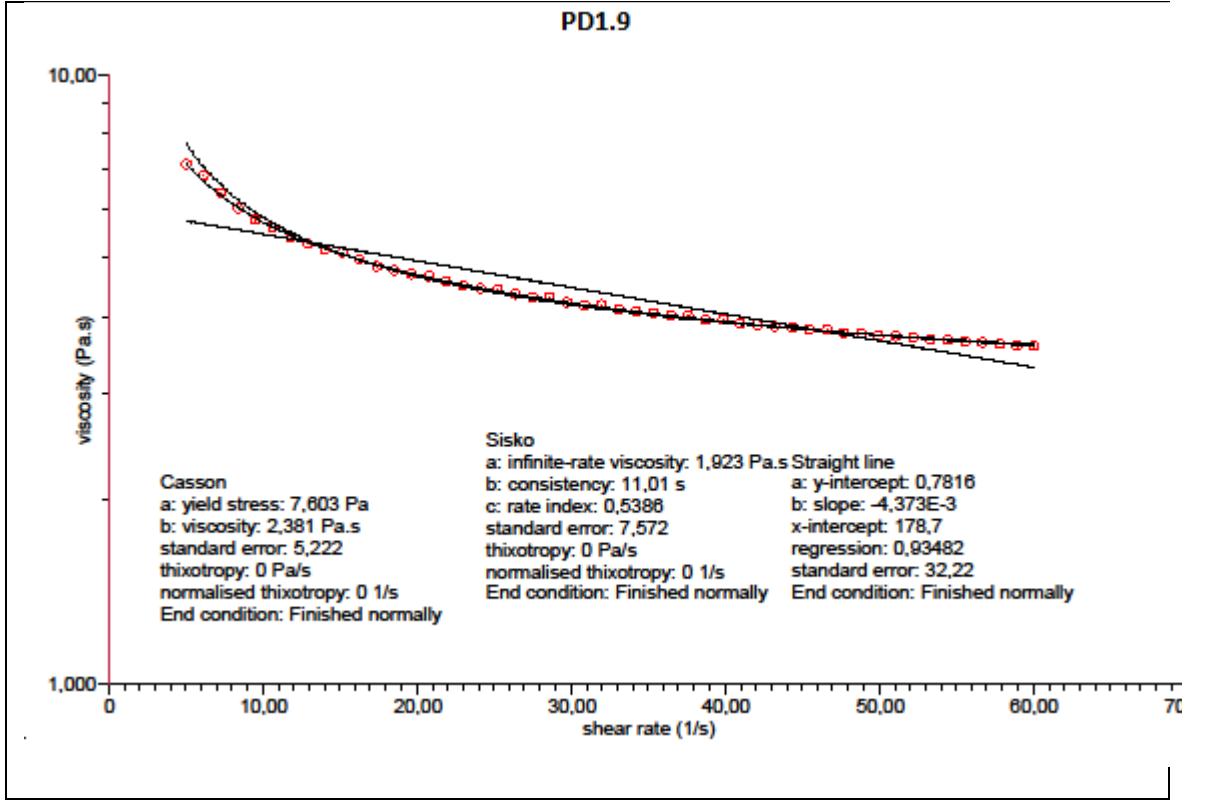
PD1.6: % 6 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



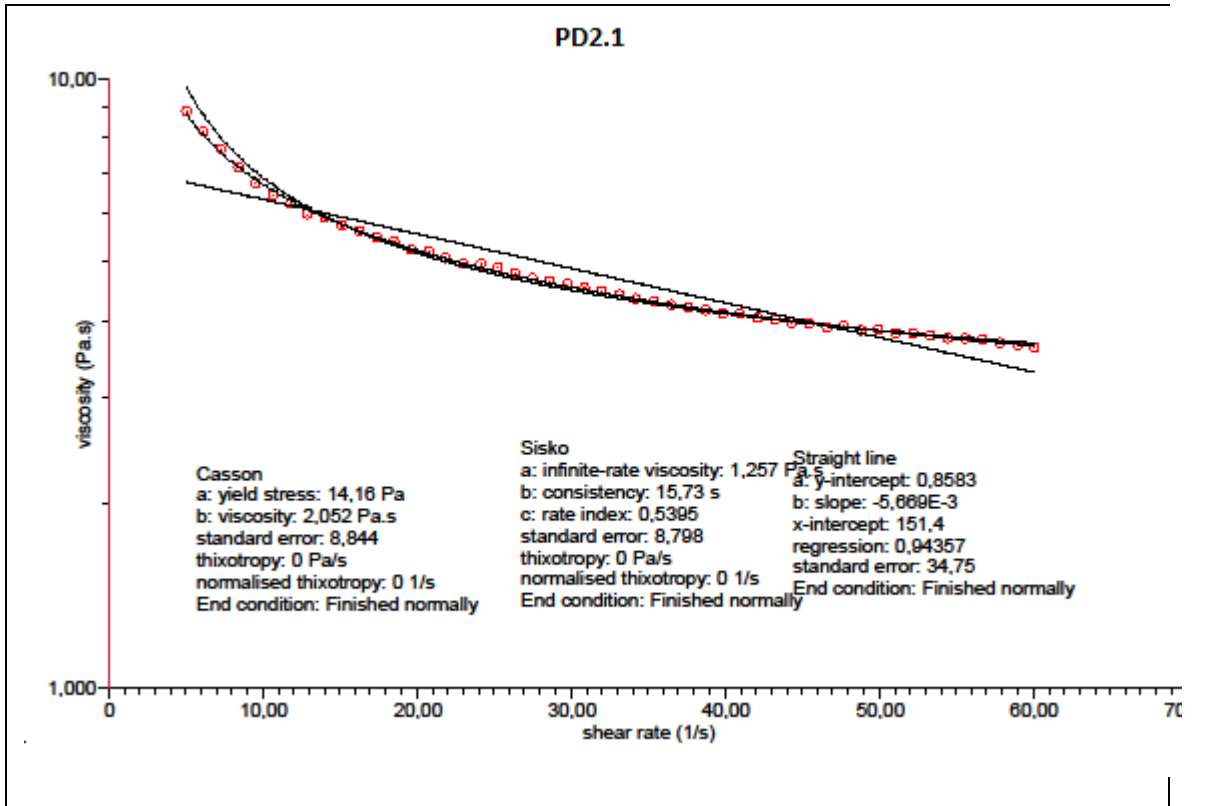
PD1.7: % 6 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



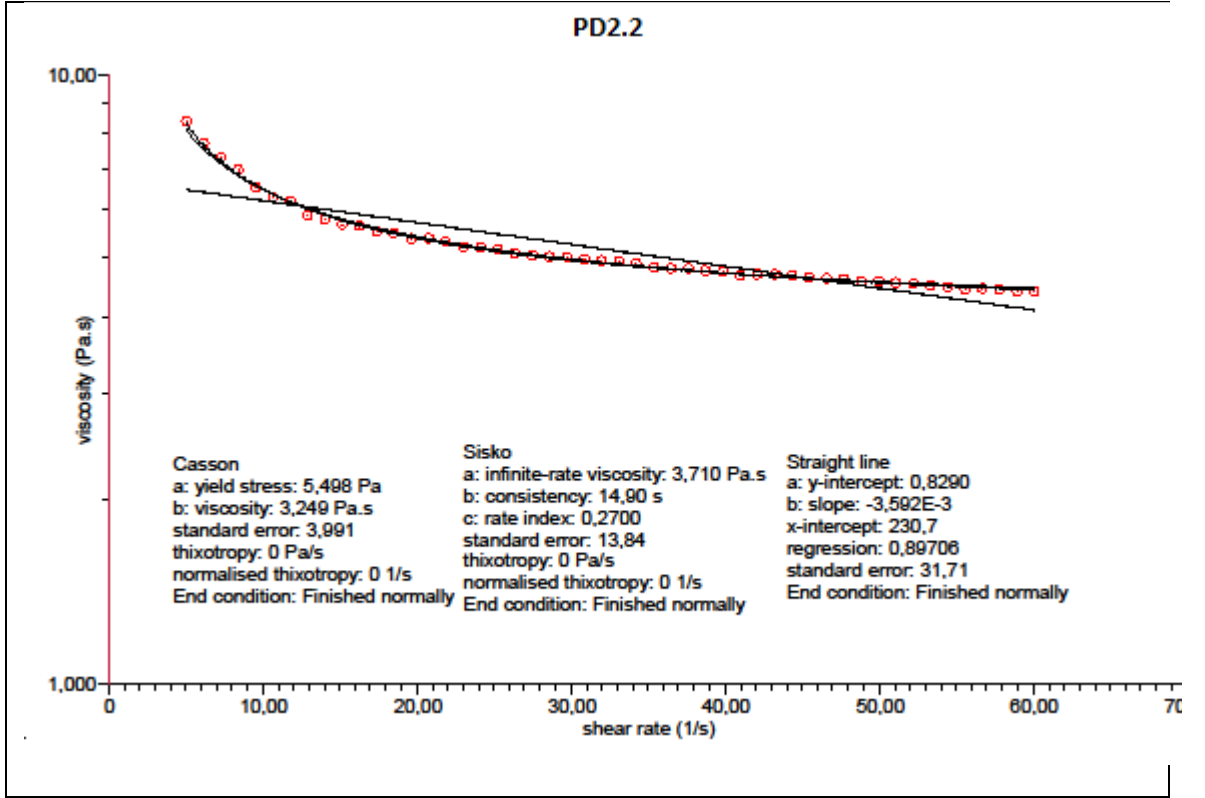
PD1.8: % 6 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



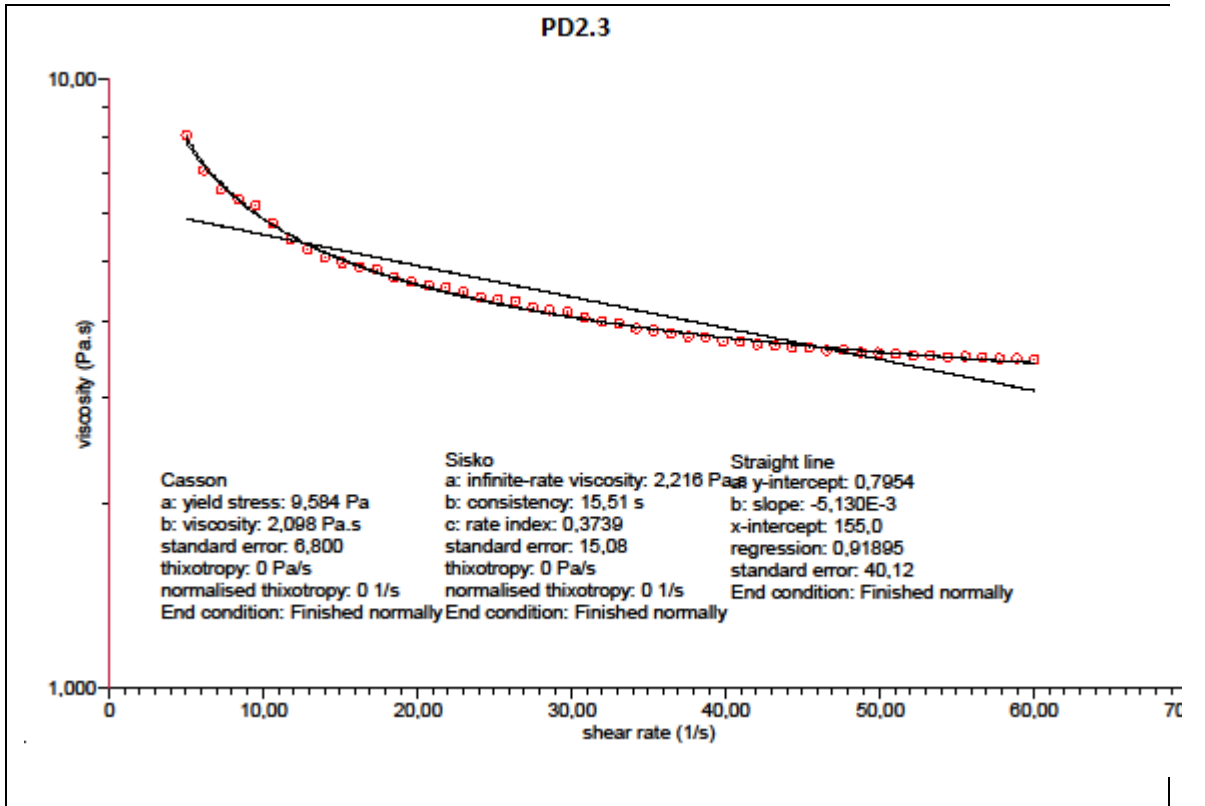
PD1.9: % 6 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



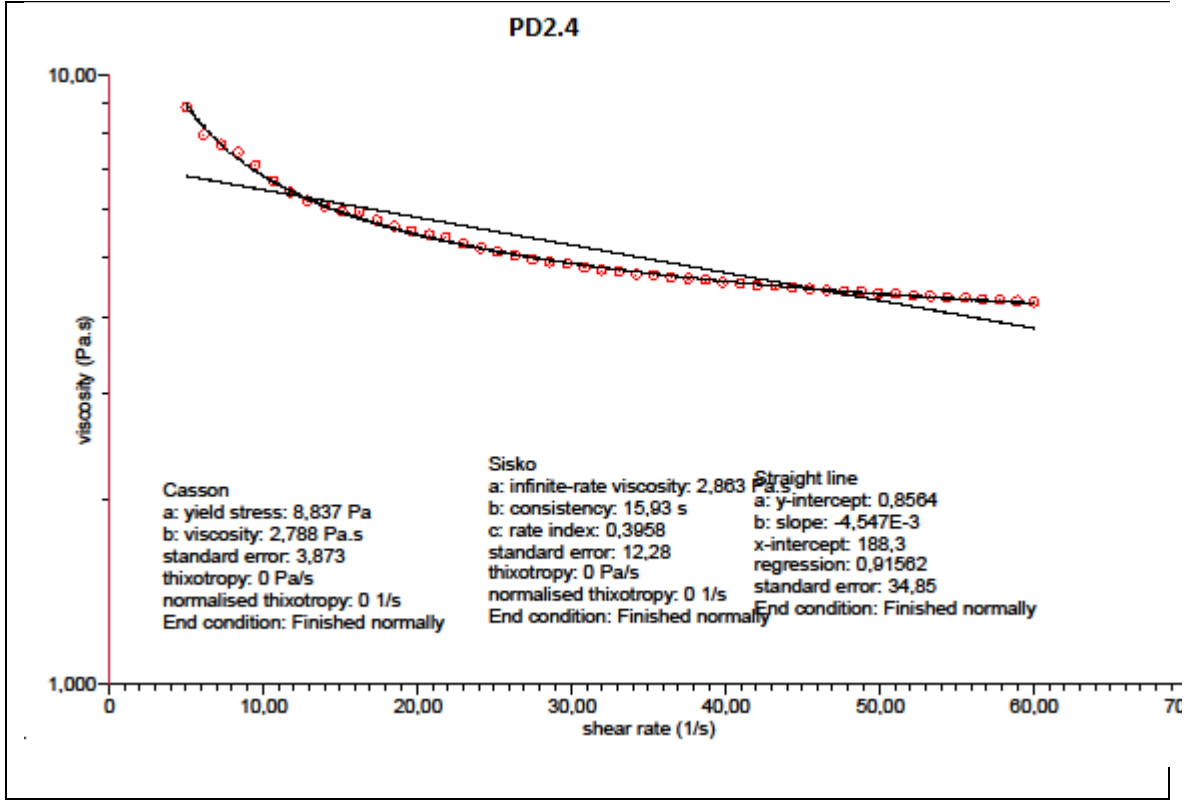
PD2.1: % 9 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



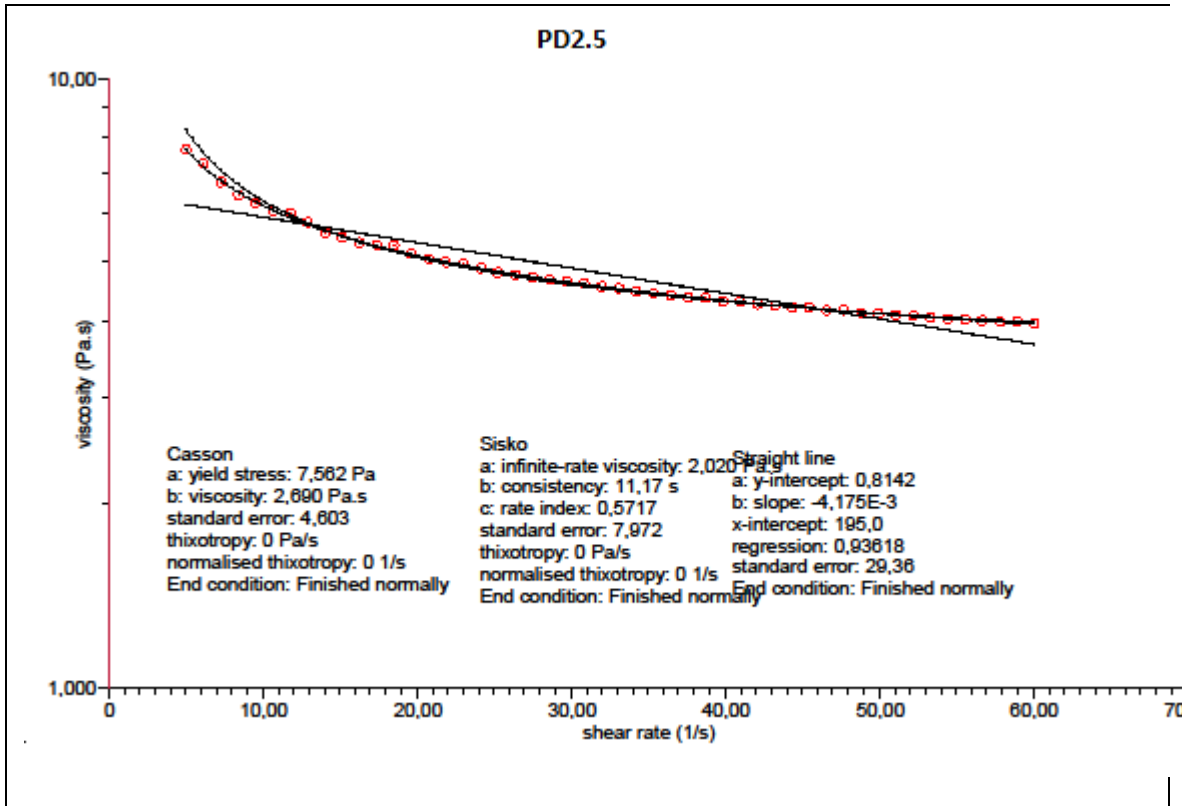
PD2.2: % 9 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



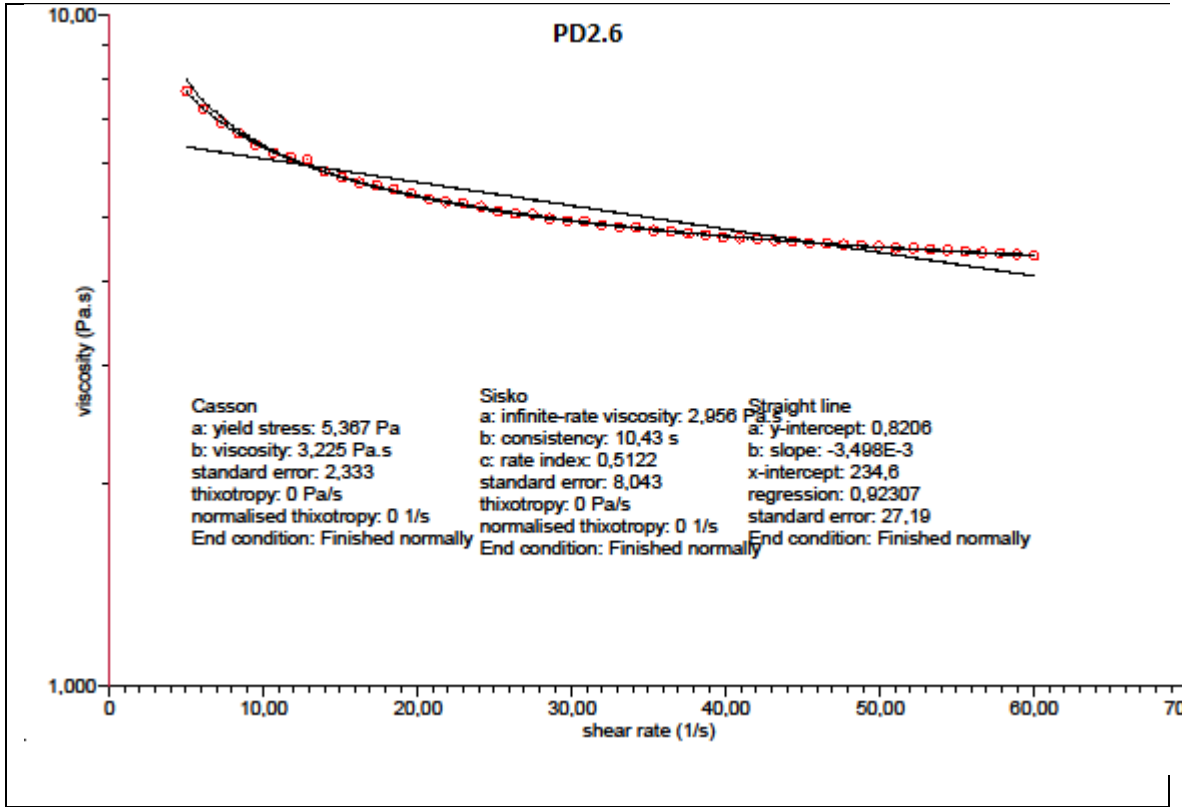
PD2.3: % 9 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



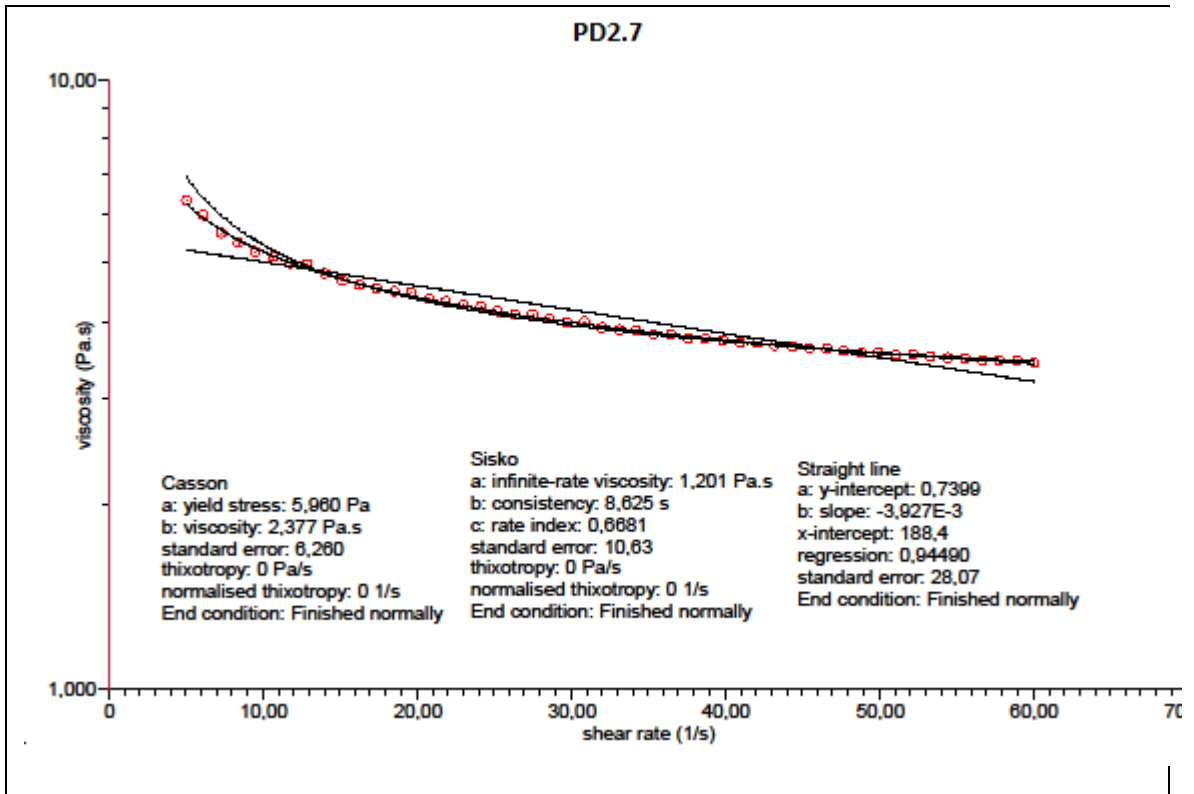
PD2.4: % 9 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



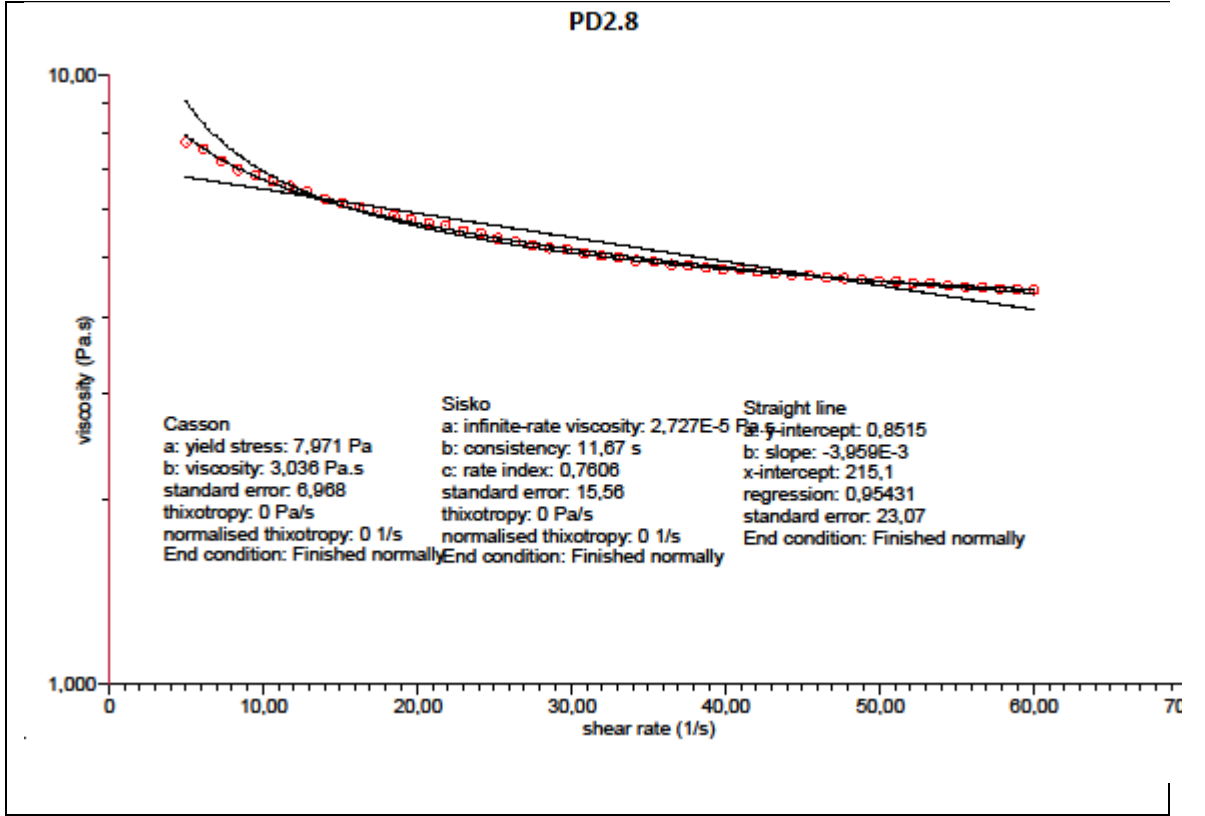
PD2.5: % 9 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



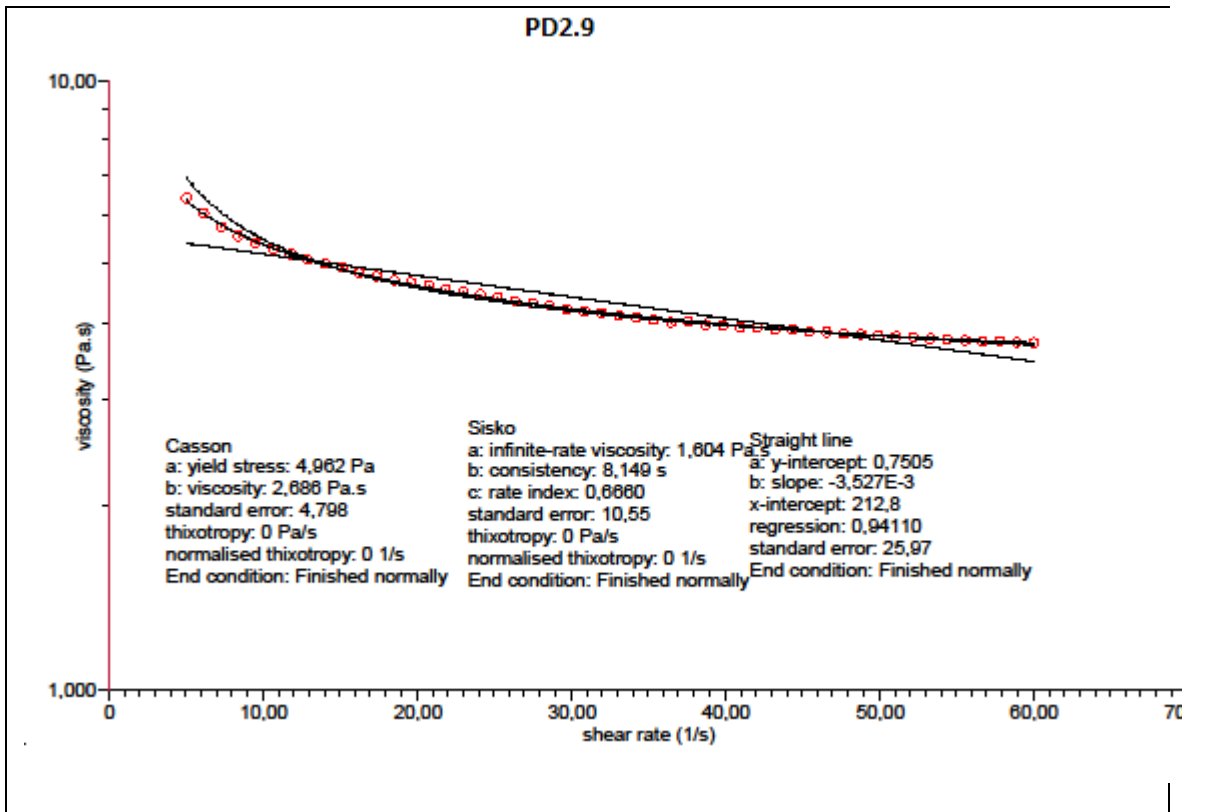
PD2.6: % 9 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



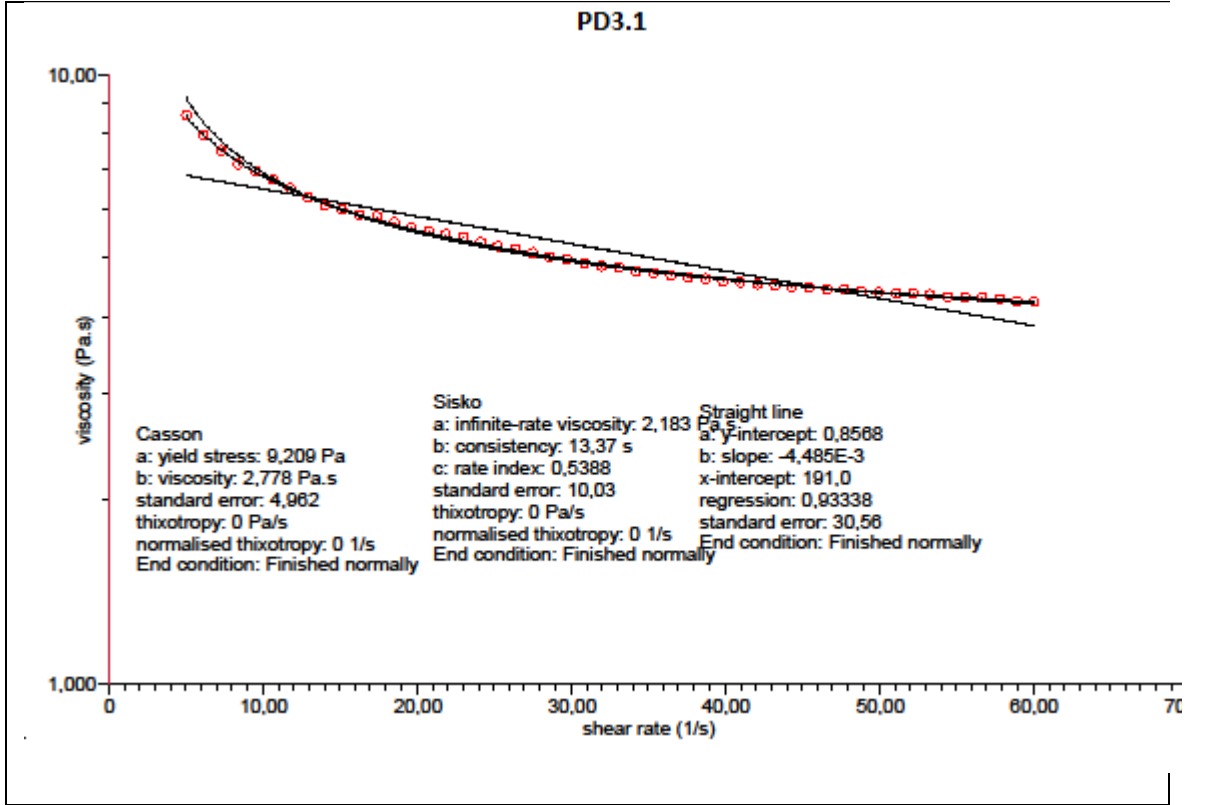
PD2.7: % 9 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



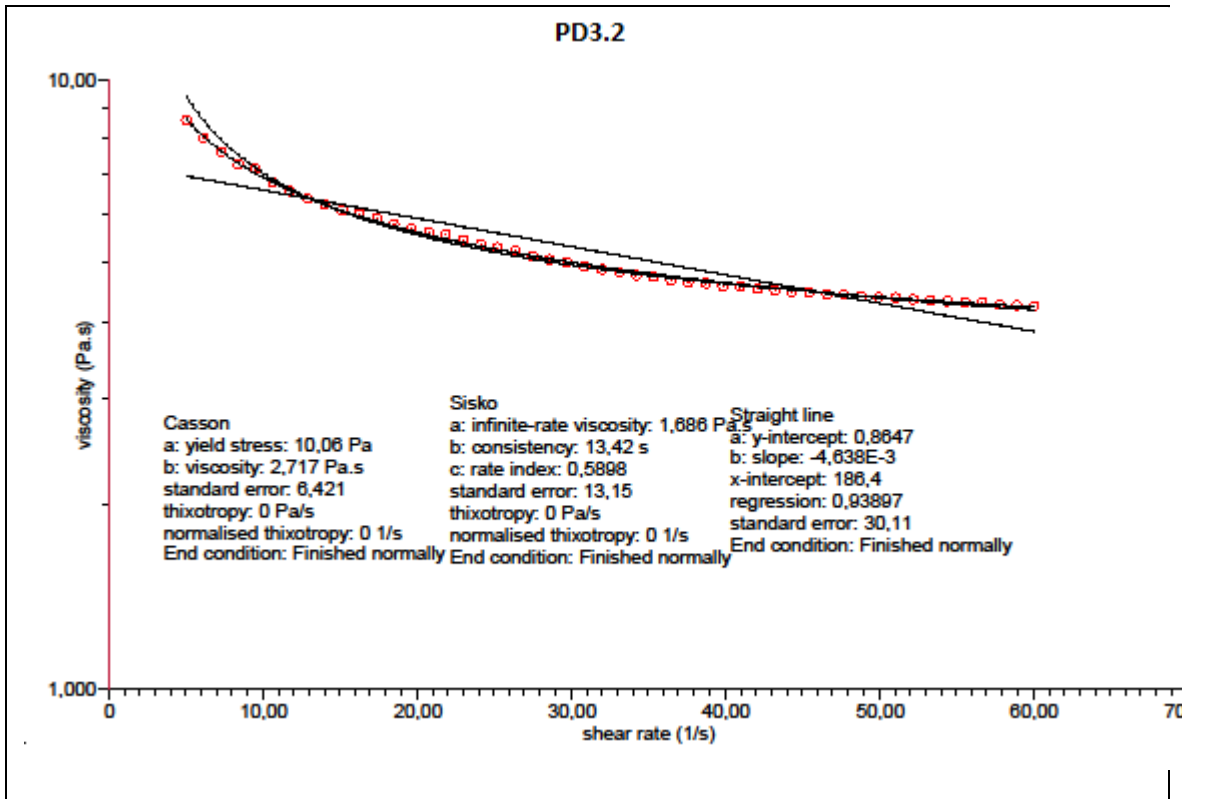
PD2.8: % 9 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



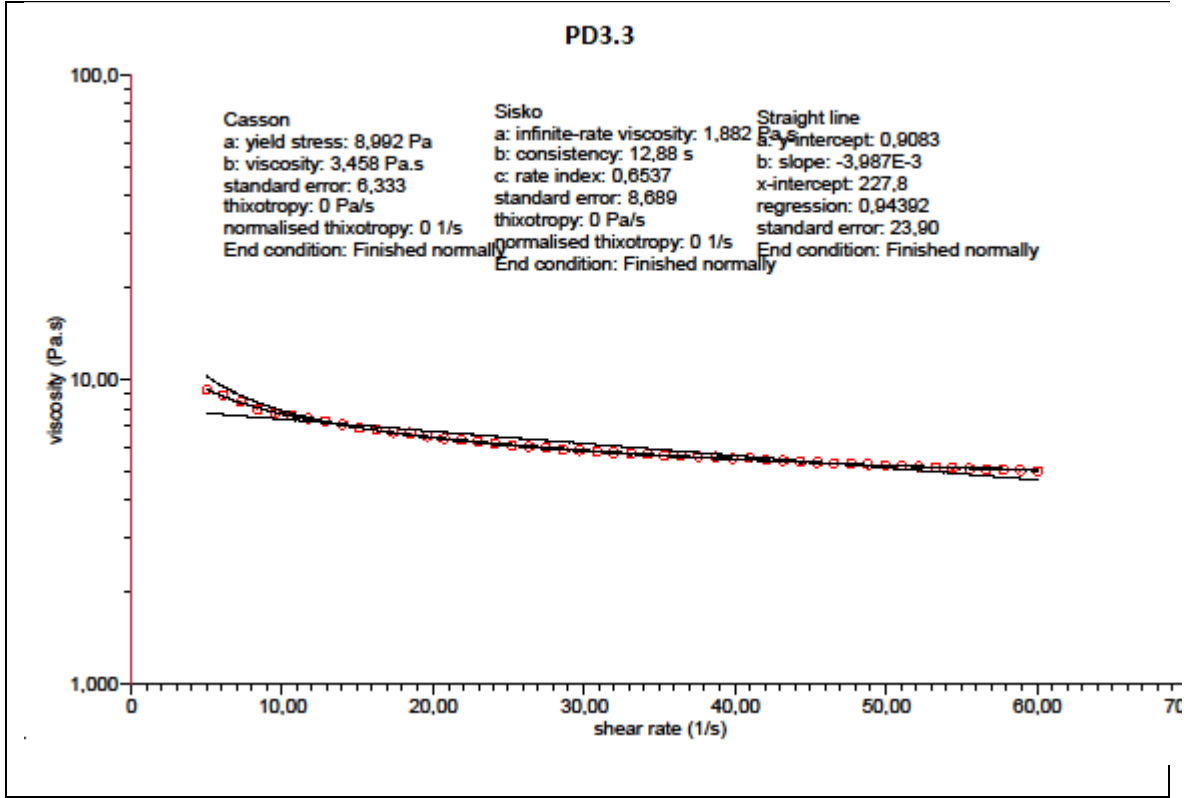
PD2.9: % 9 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



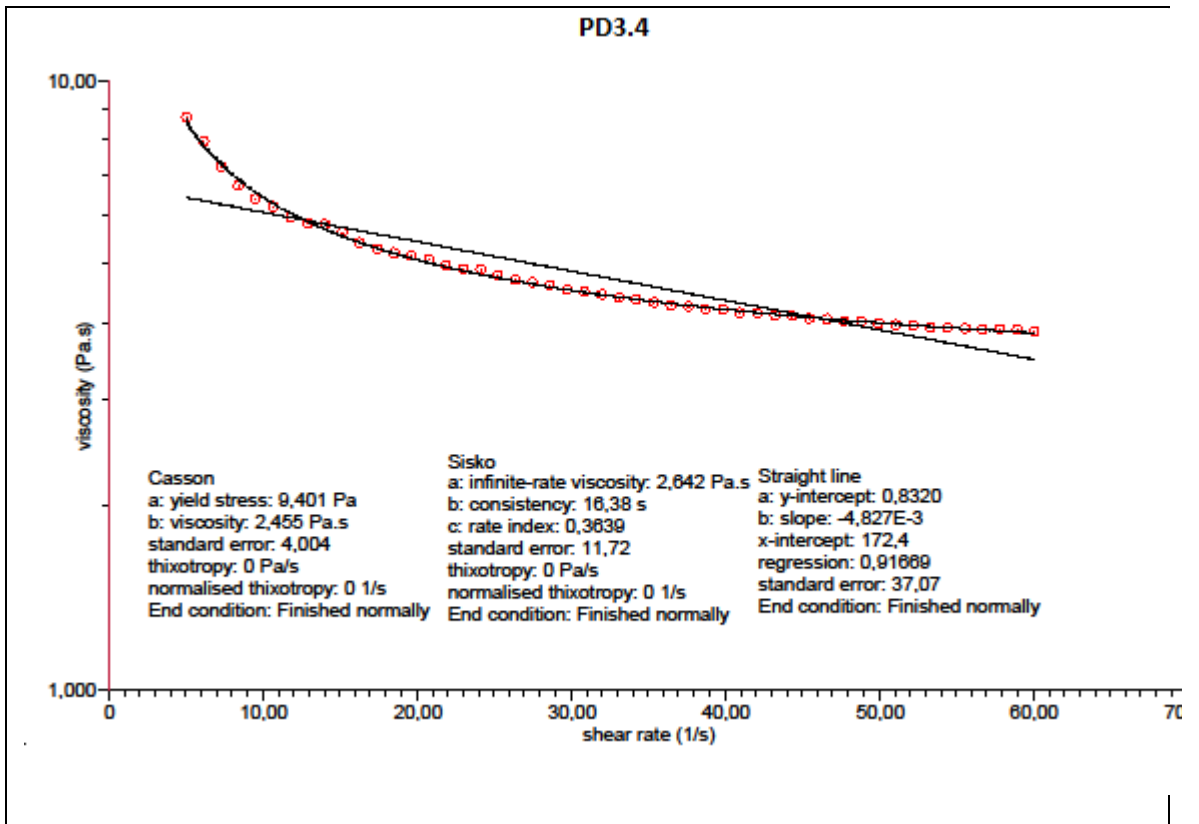
PD3.1: % 12 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



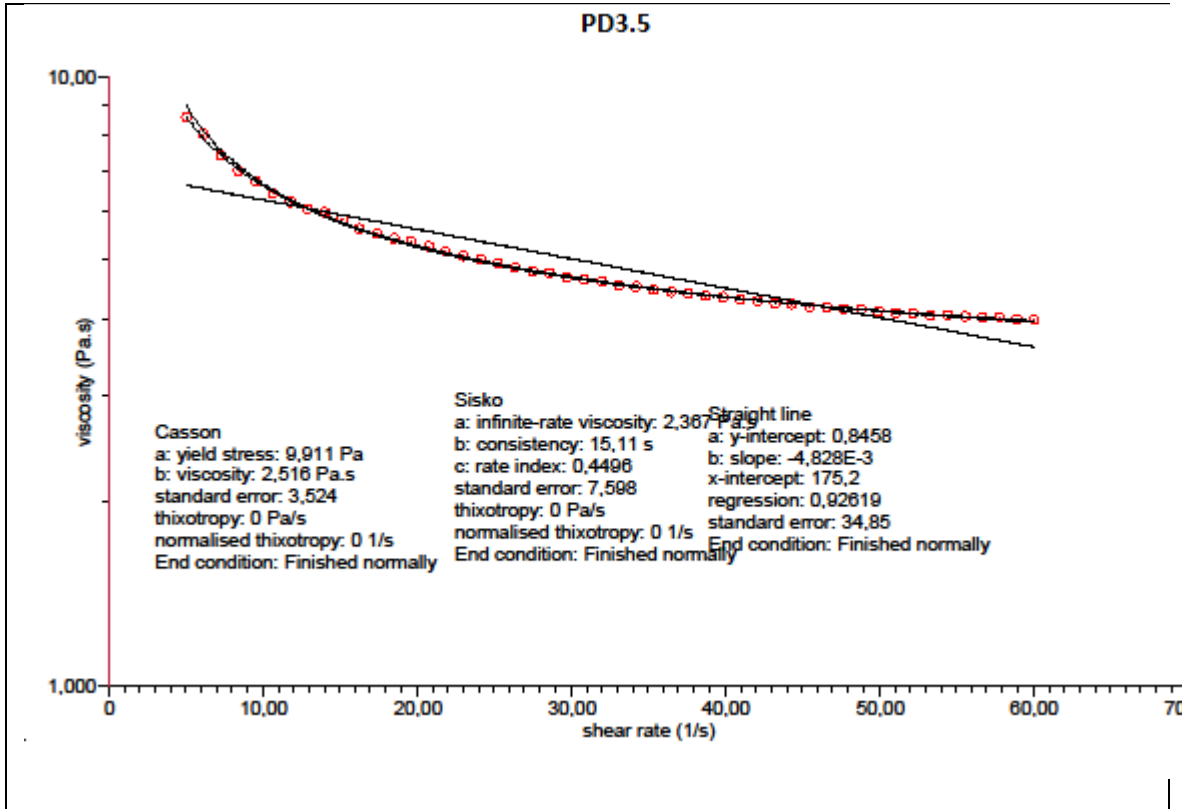
PD3.2: % 12 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



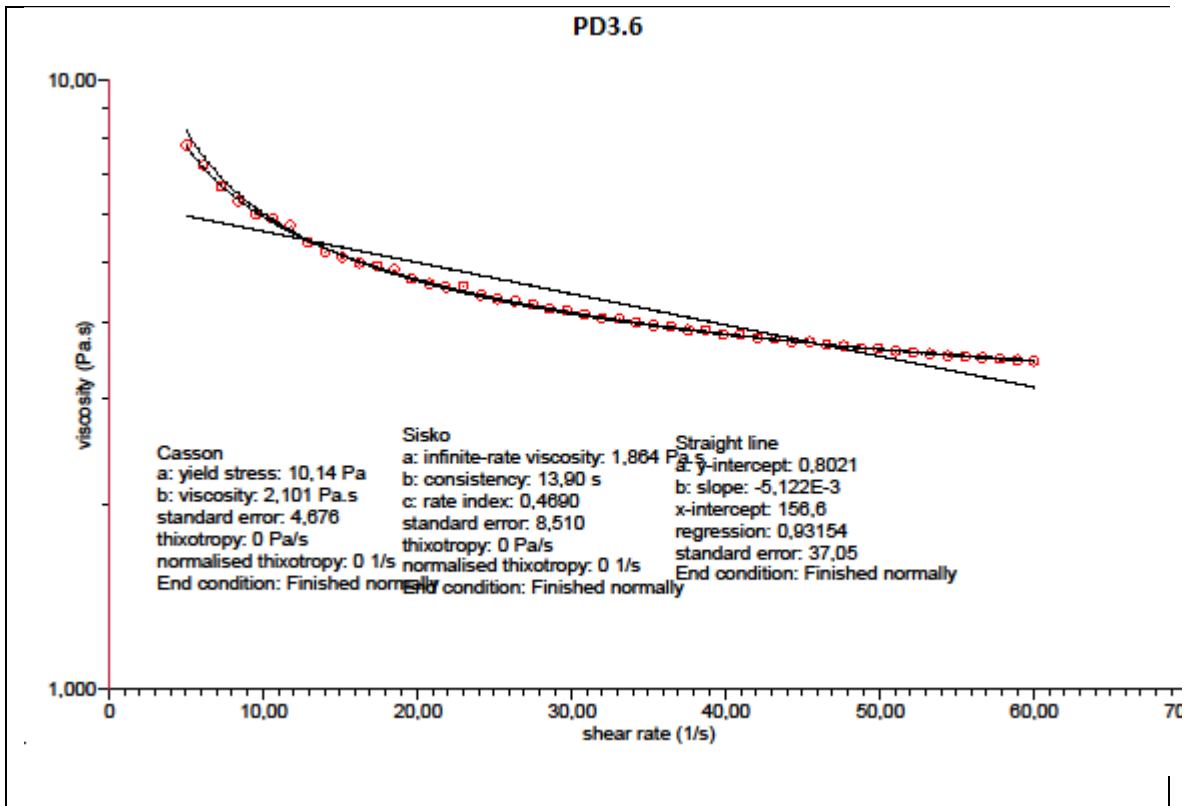
PD3.3: % 12 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



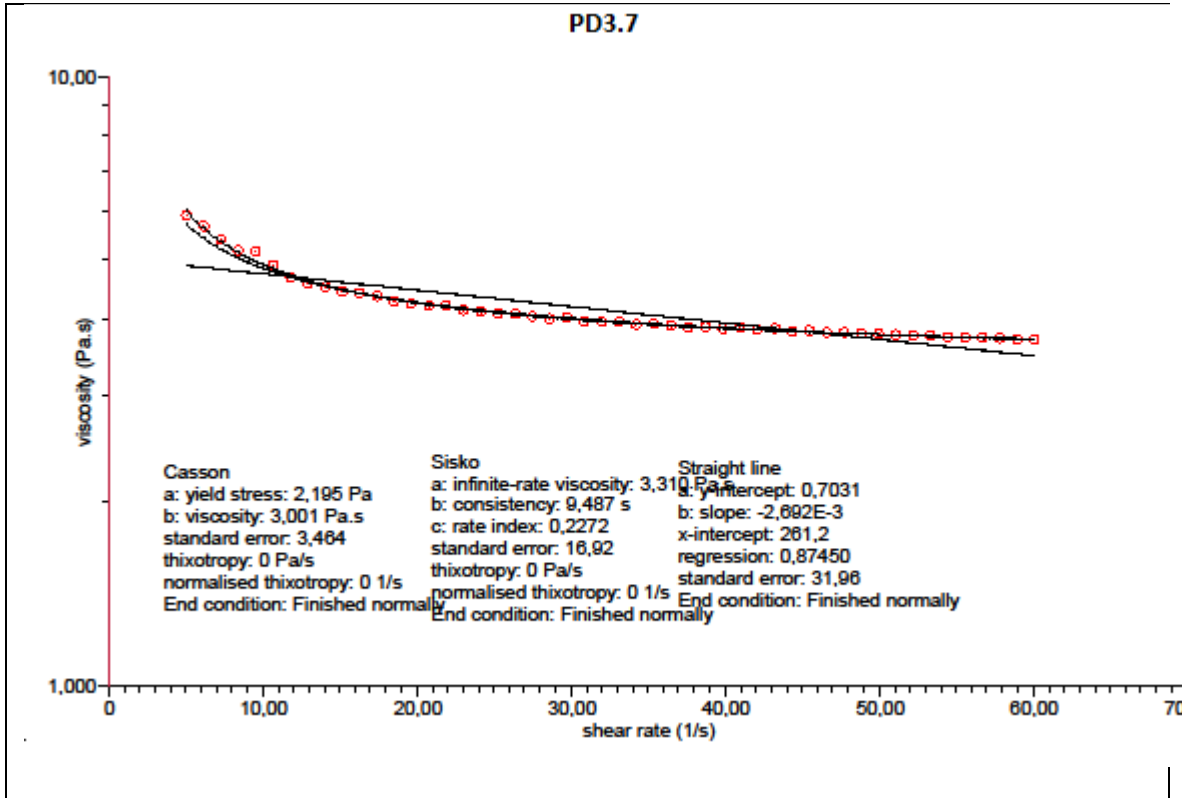
PD3.4: % 12 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



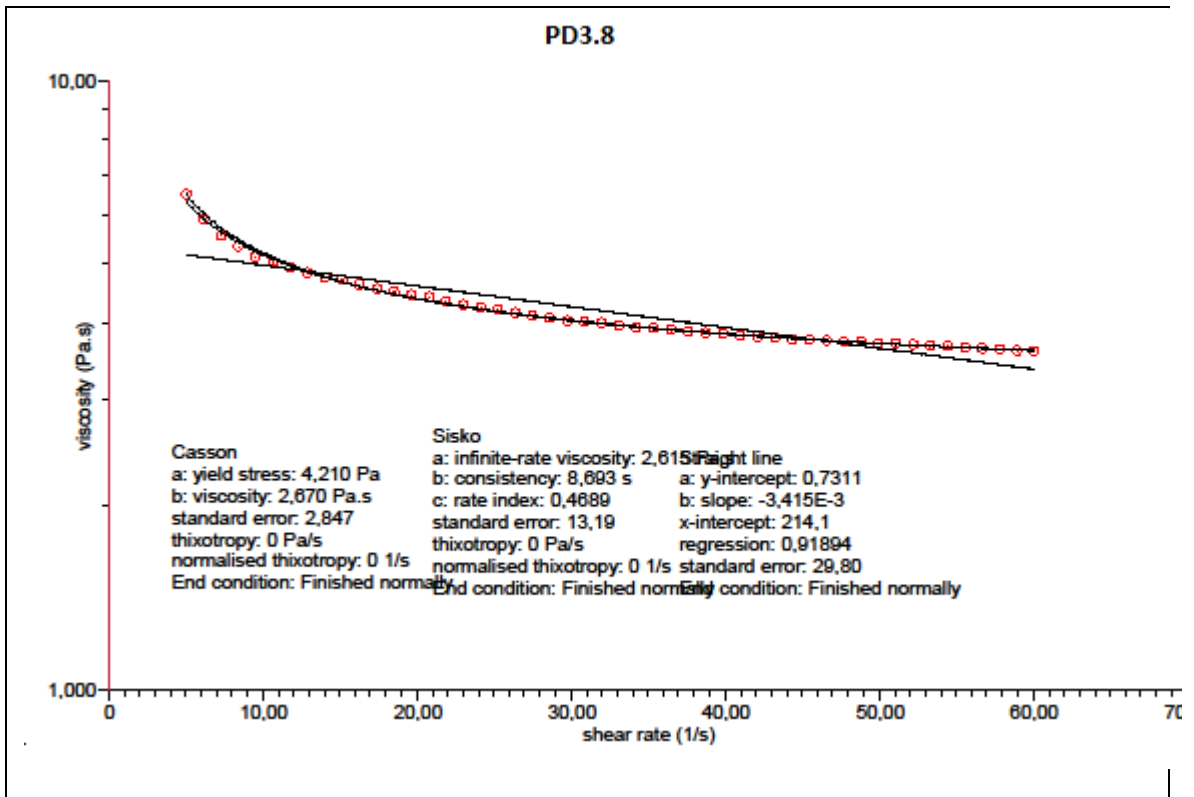
PD3.5: % 12 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



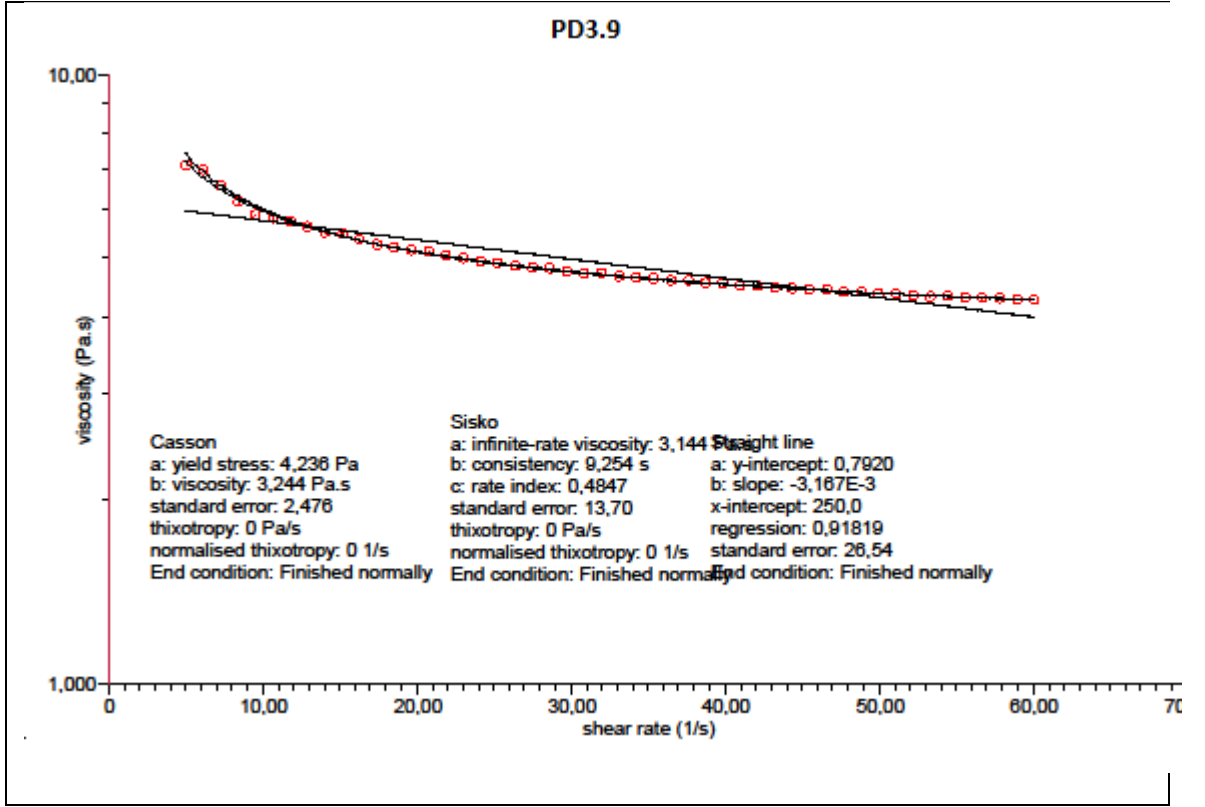
PD3.6: % 12 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



PD3.7: % 12 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi

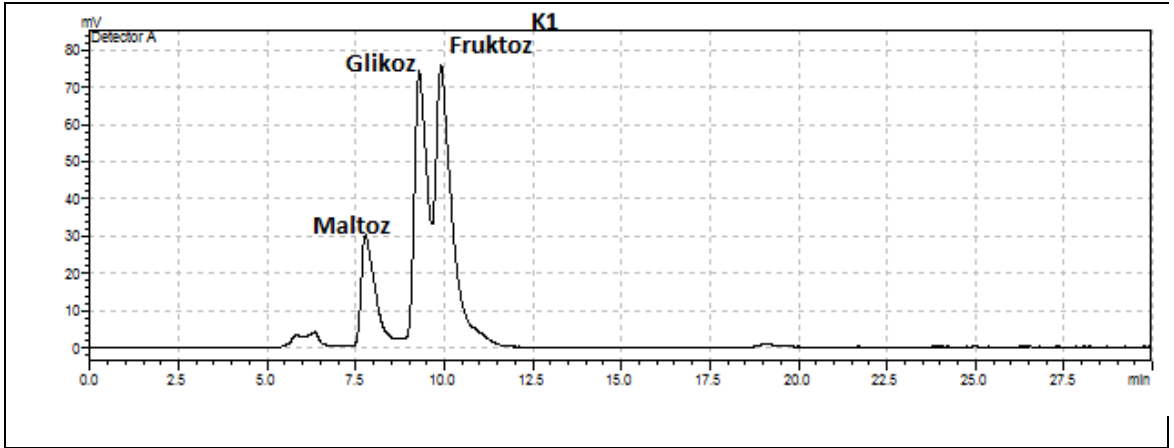


PD3.8: % 12 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi

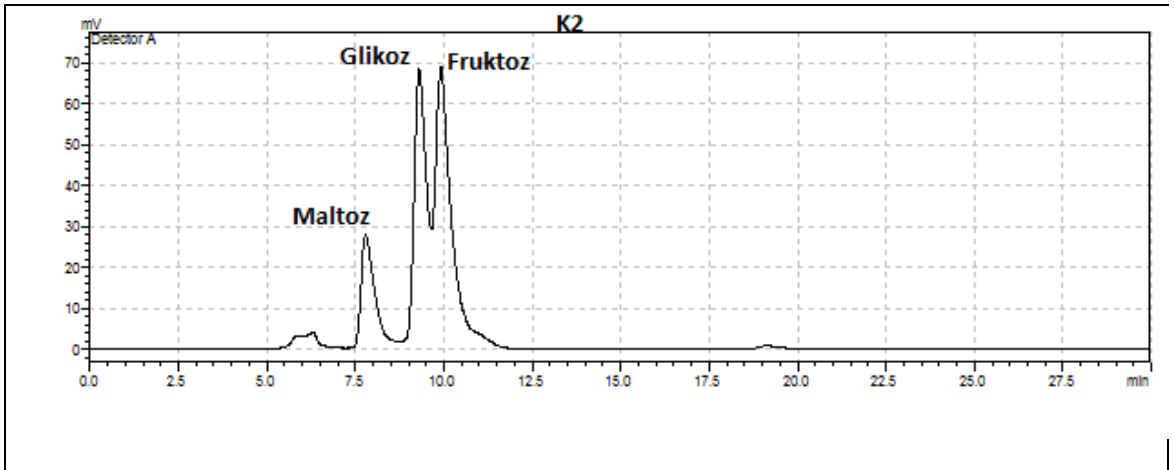


PD3.9: % 12 Polidekstroz, 28 μm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi

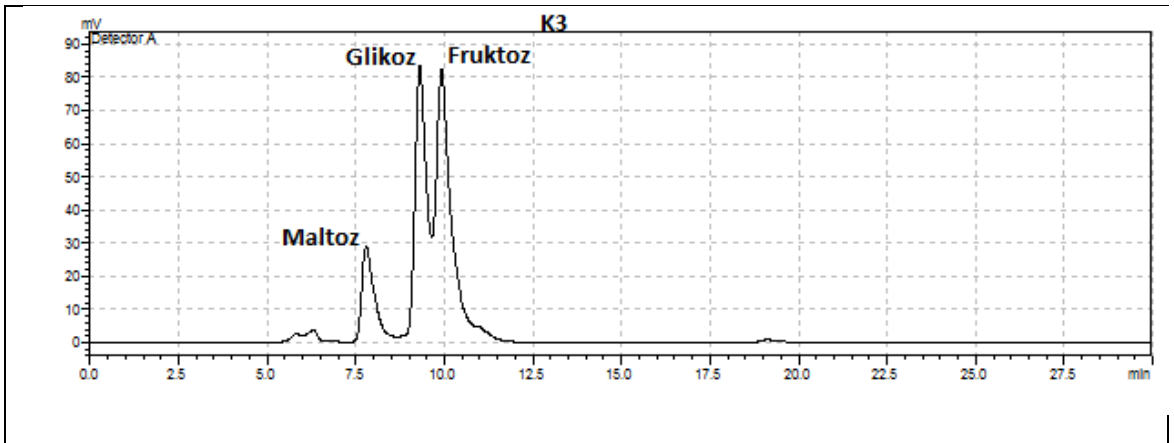
EK 2 Tüm örneklere ait HPLC analiz grafikleri



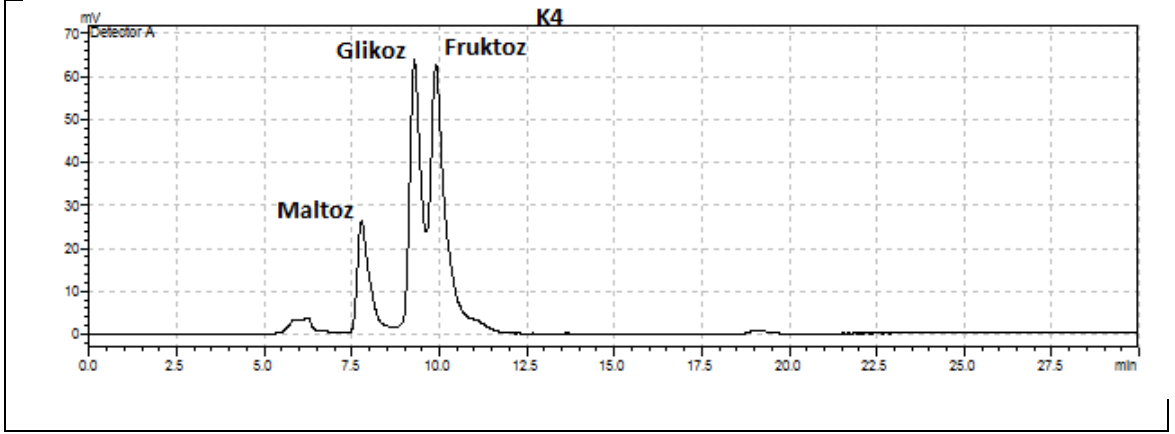
K1: % 0 prebiyotik bileşen, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



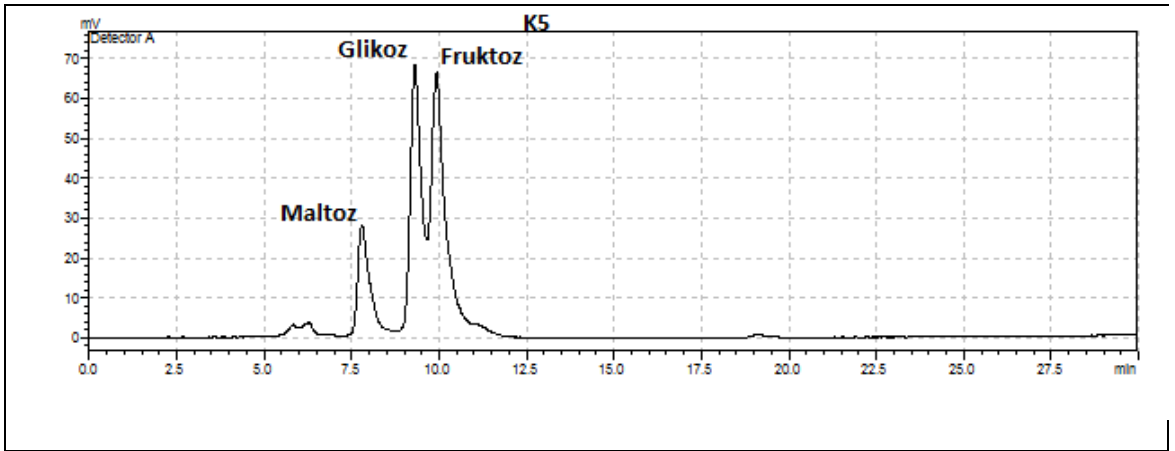
K2: % 0 prebiyotik bileşen, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



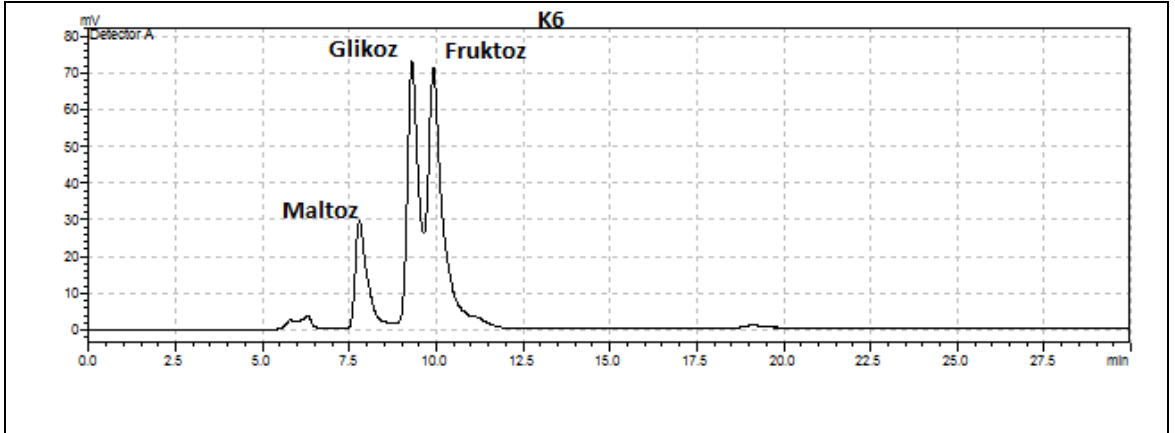
K3: % 0 prebiyotik bileşen, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



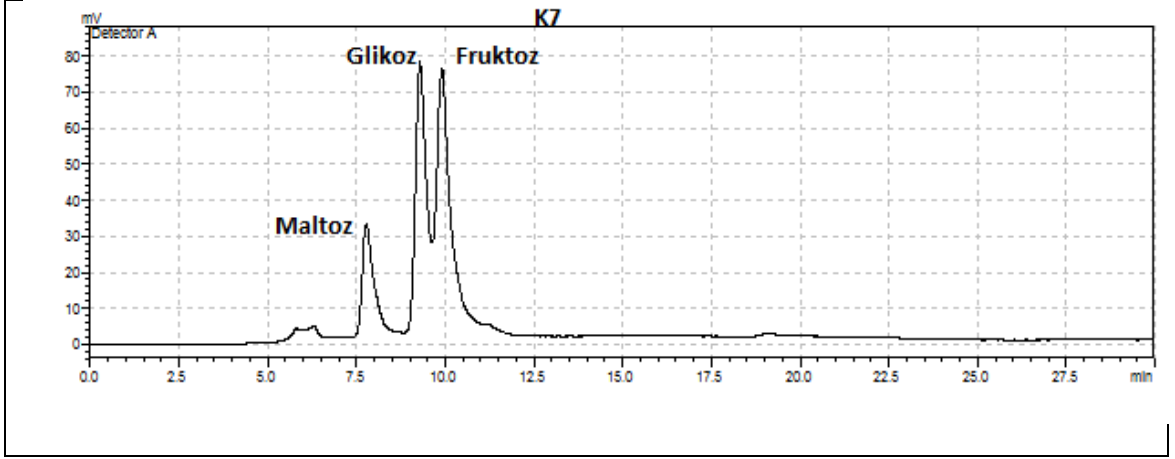
K4: % 0 prebiyotik bileşen, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



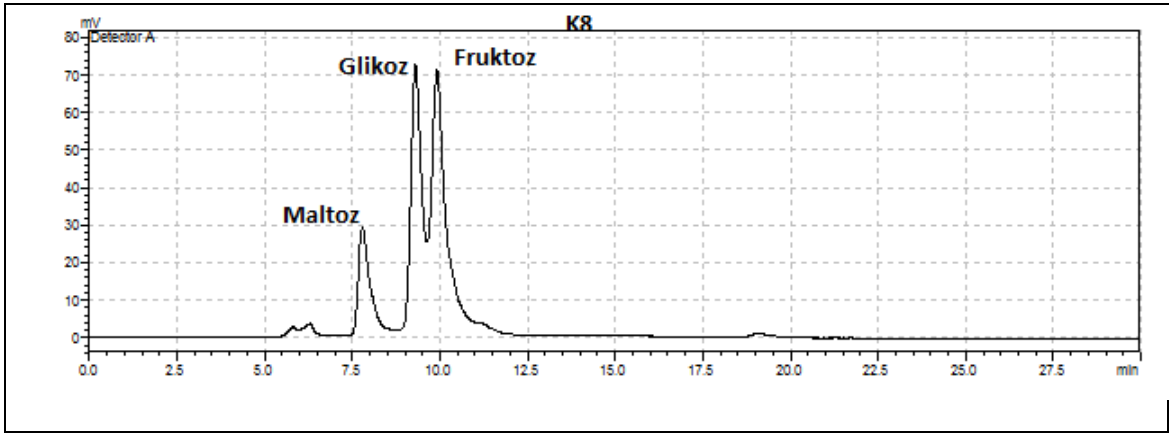
K5: % 0 prebiyotik bileşen, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



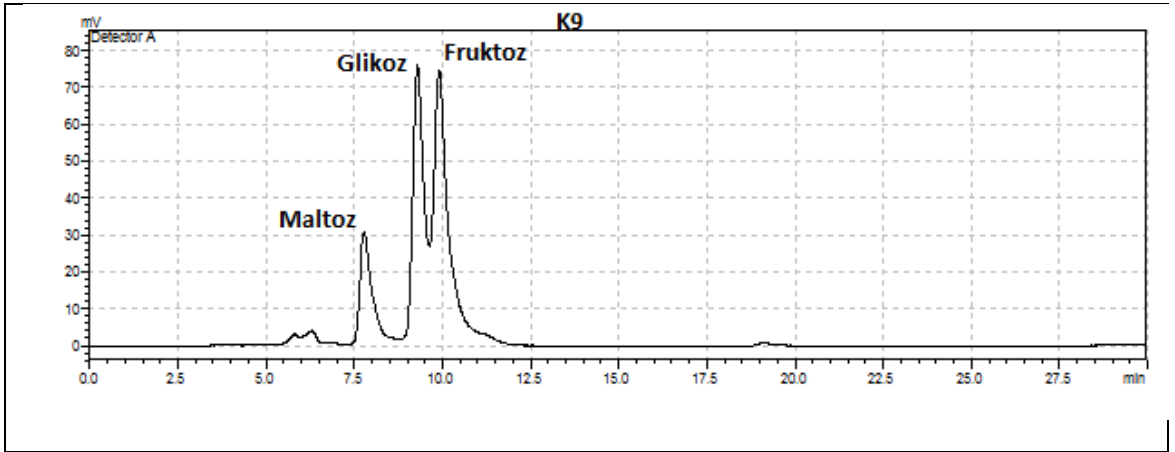
K6: % 0 prebiyotik bileşen, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



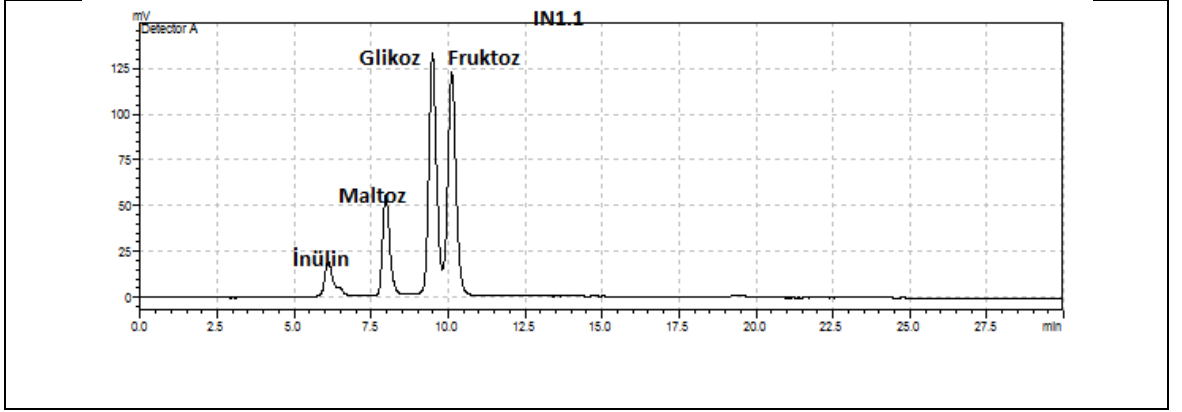
K7: % 0 prebiyotik bileşen, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



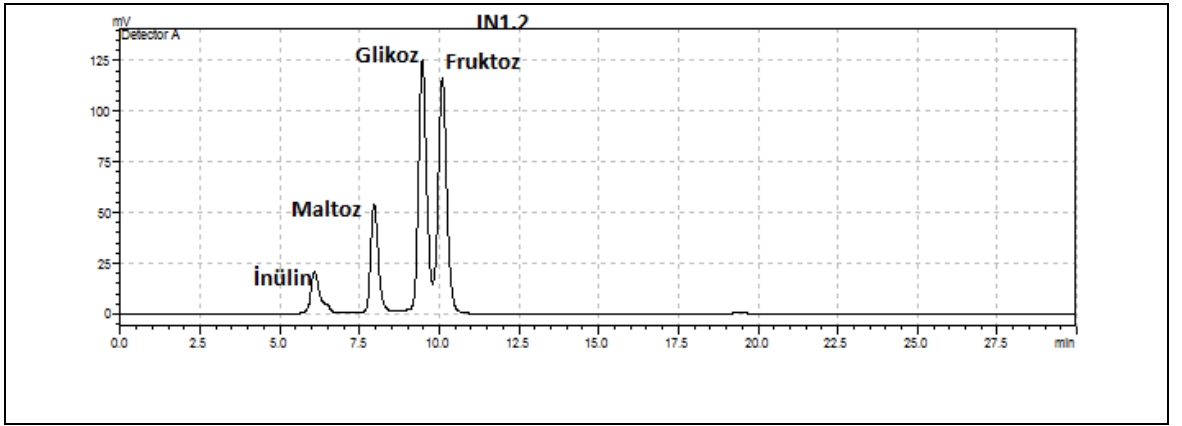
K8: % 0 prebiyotik bileşen, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



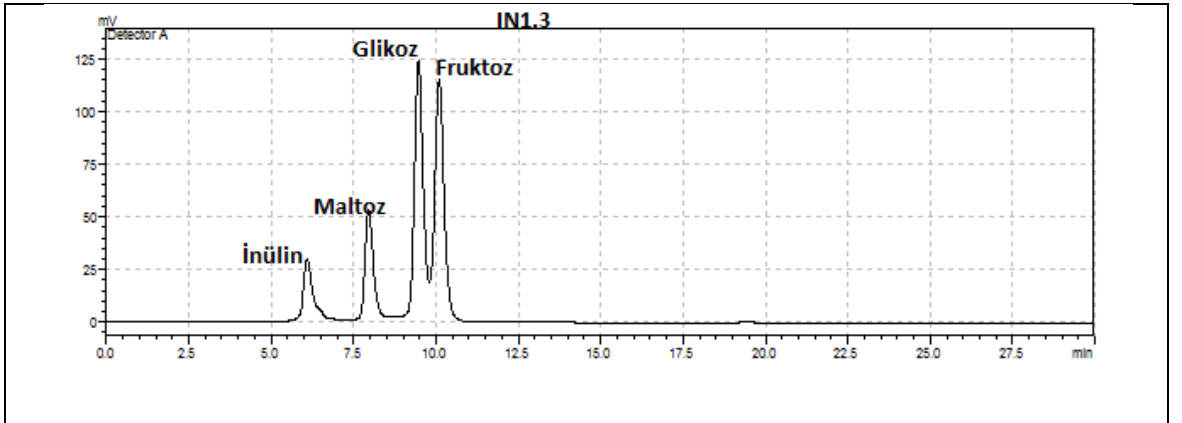
K9: % 0 prebiyotik bileşen, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



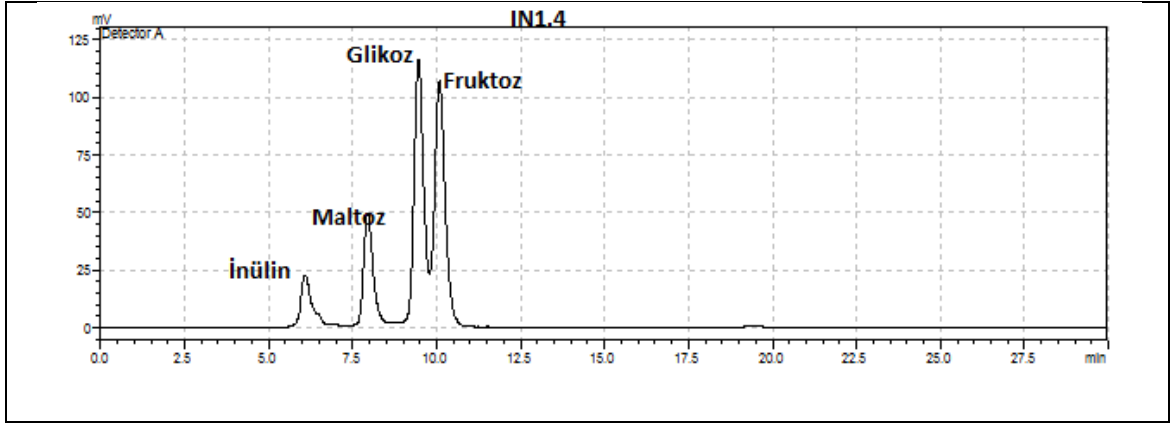
IN1.1: % 6, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



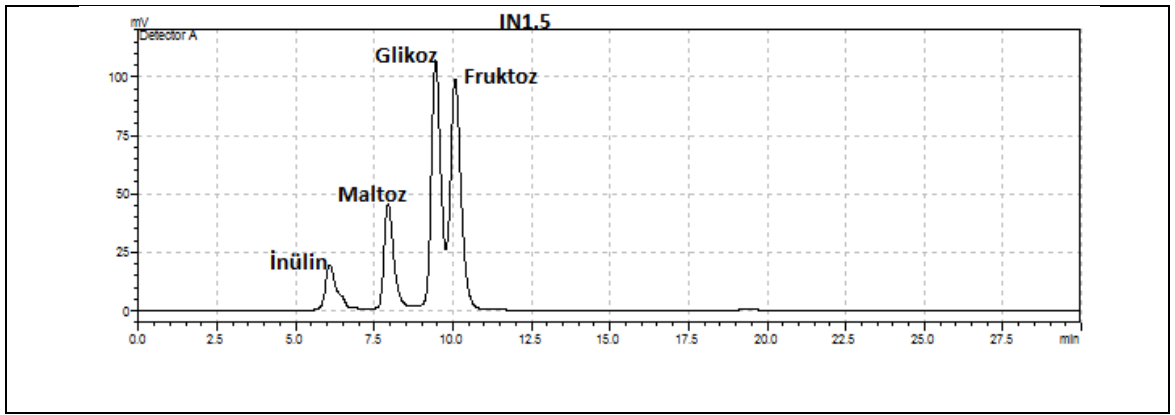
IN1.2: % 6 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



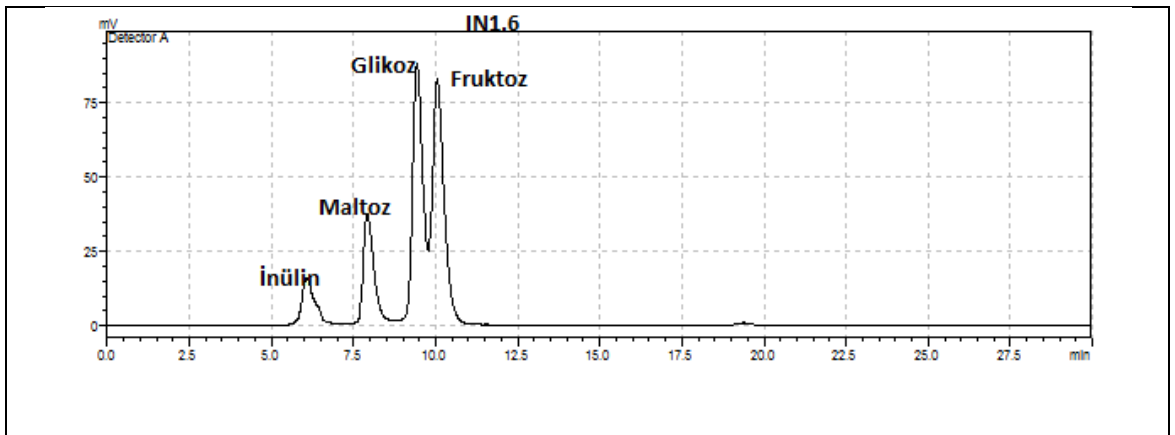
IN1.3: % 6 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



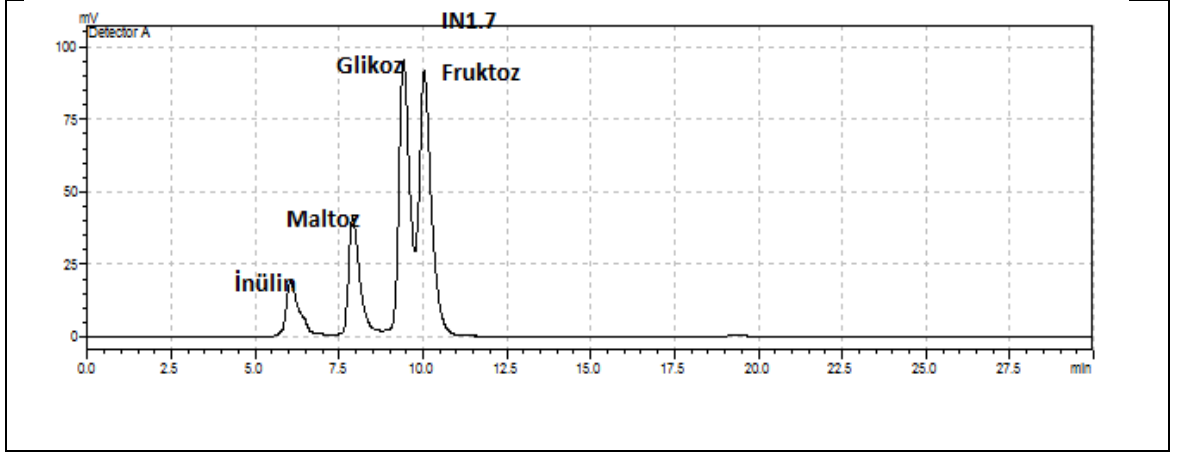
IN1.4: % 6 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



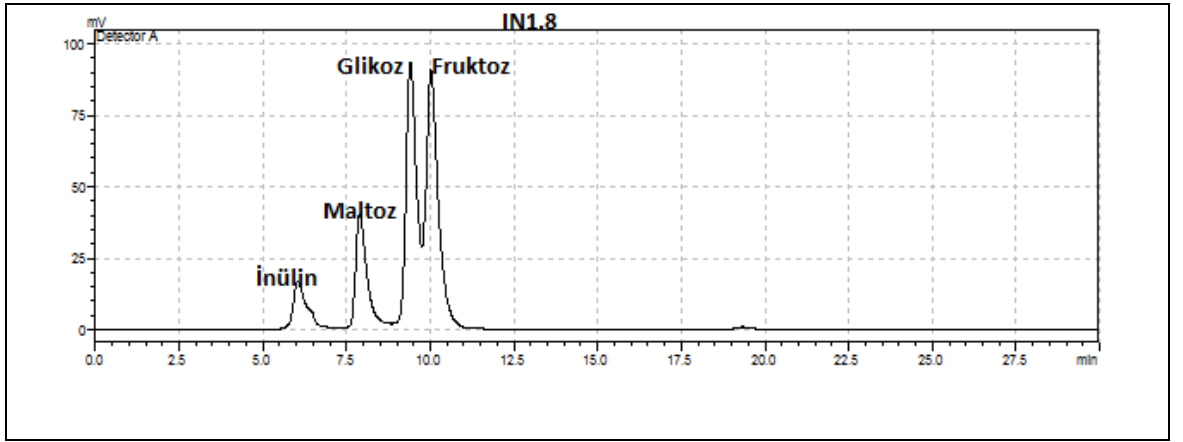
IN1.5: % 6 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



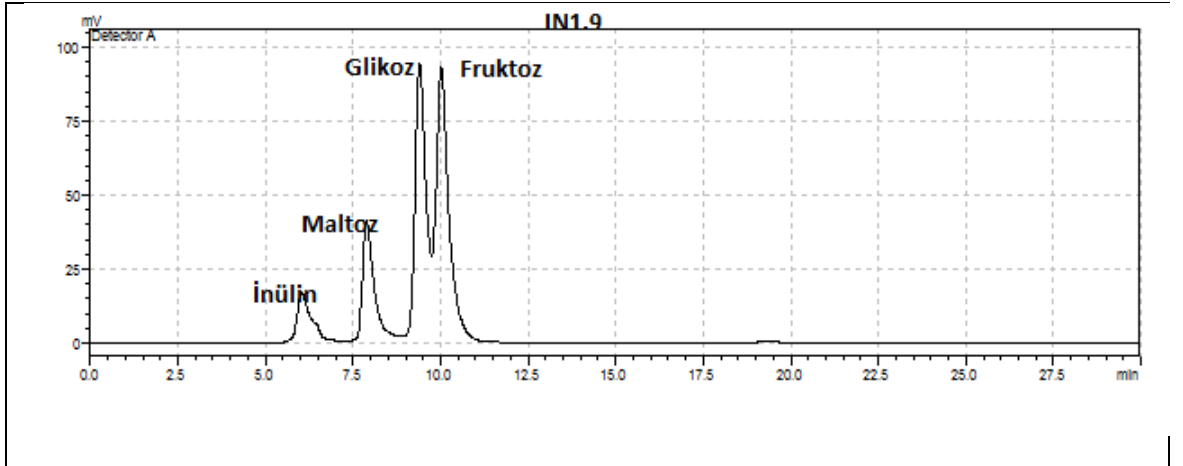
IN1.6: % 6 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



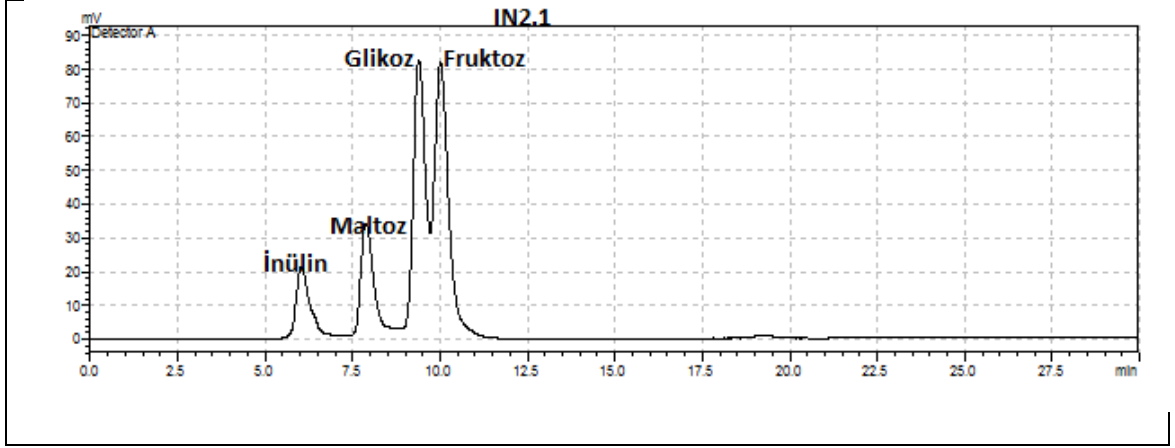
IN1.7: % 6 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



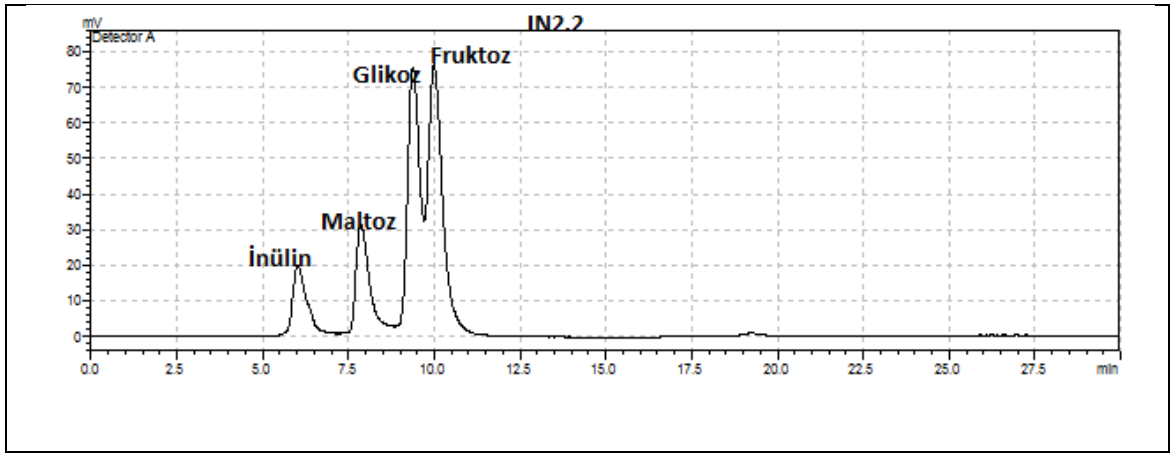
IN1.8: % 6 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



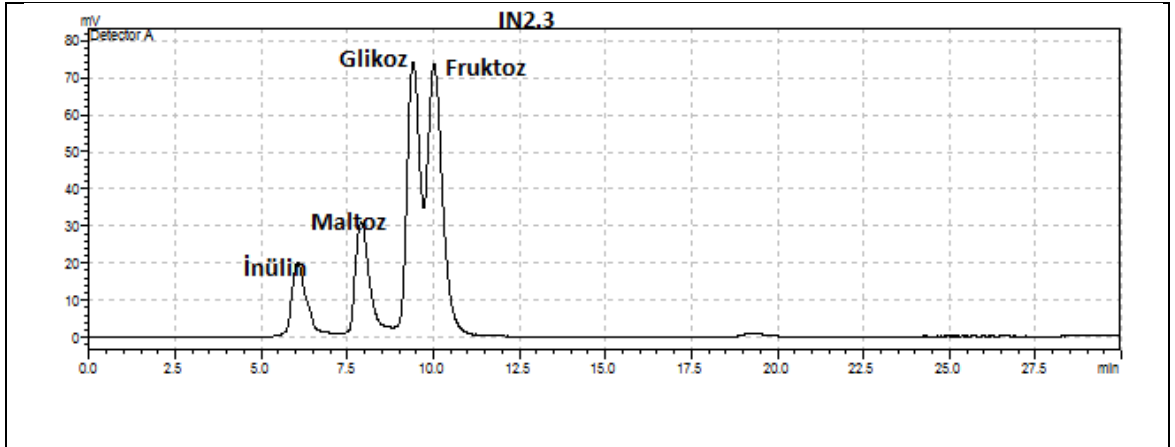
IN1.9: % 6 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



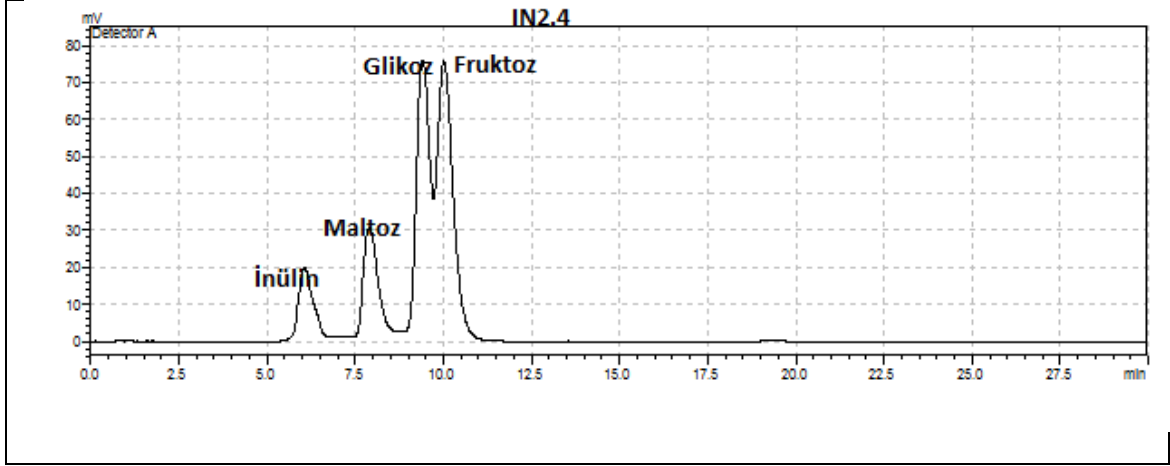
IN2.1: % 9 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



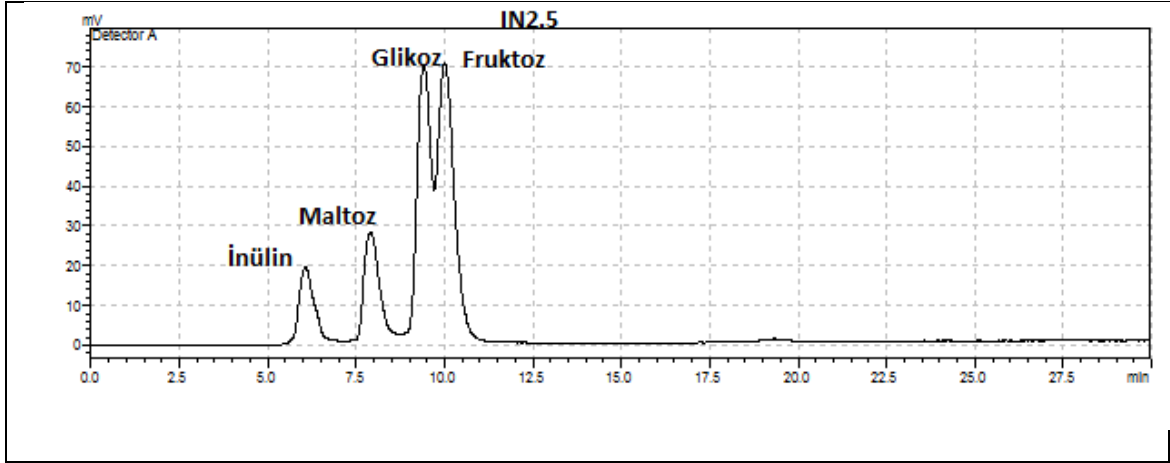
IN2.2: % 9 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



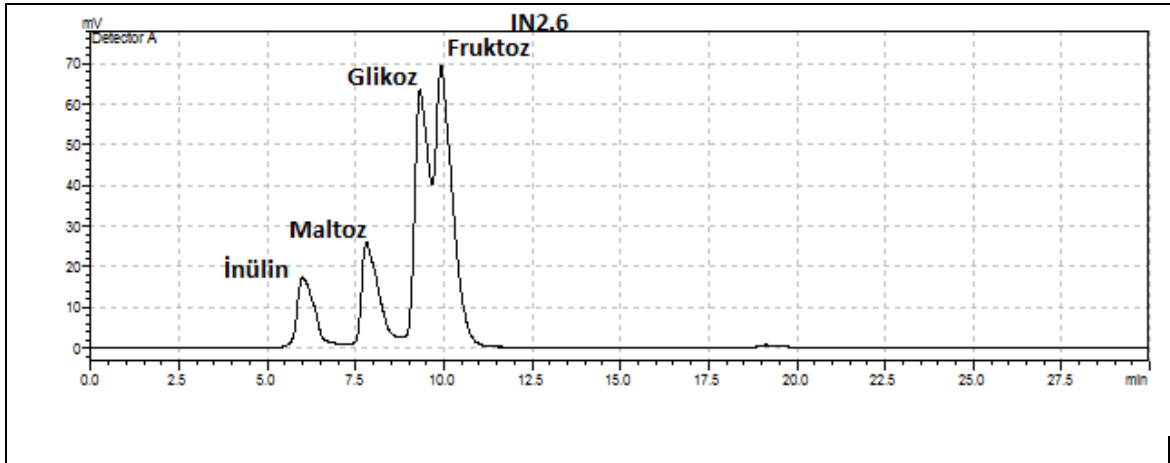
IN2.3: % 9 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



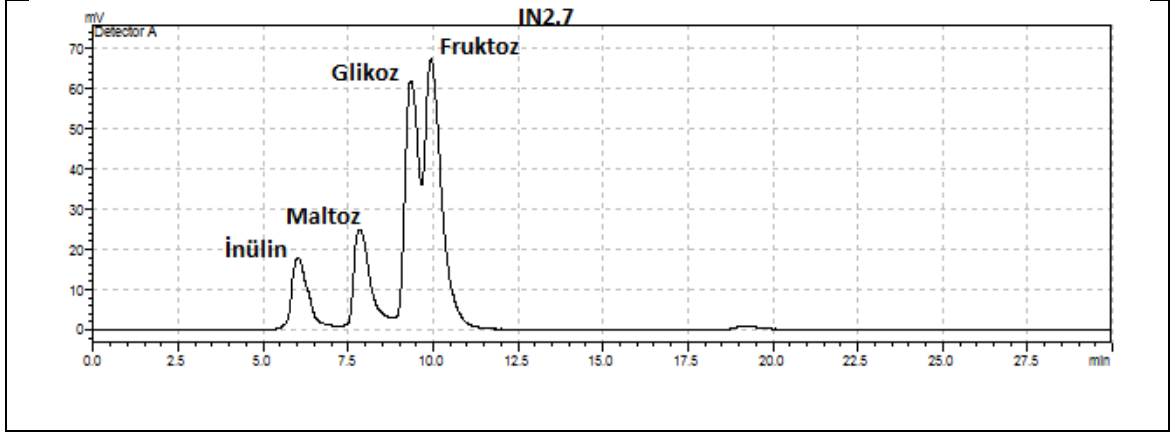
IN2.4: % 9 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



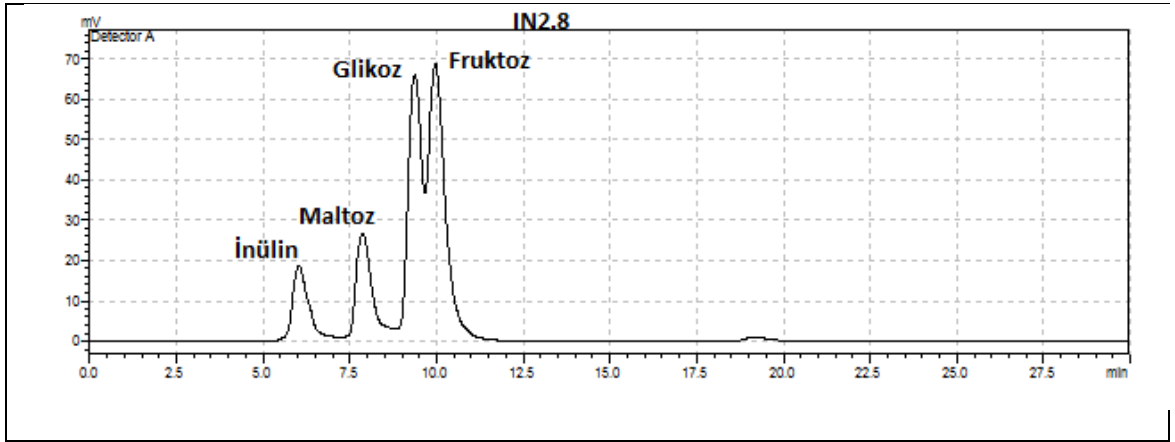
IN2.5: % 9 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



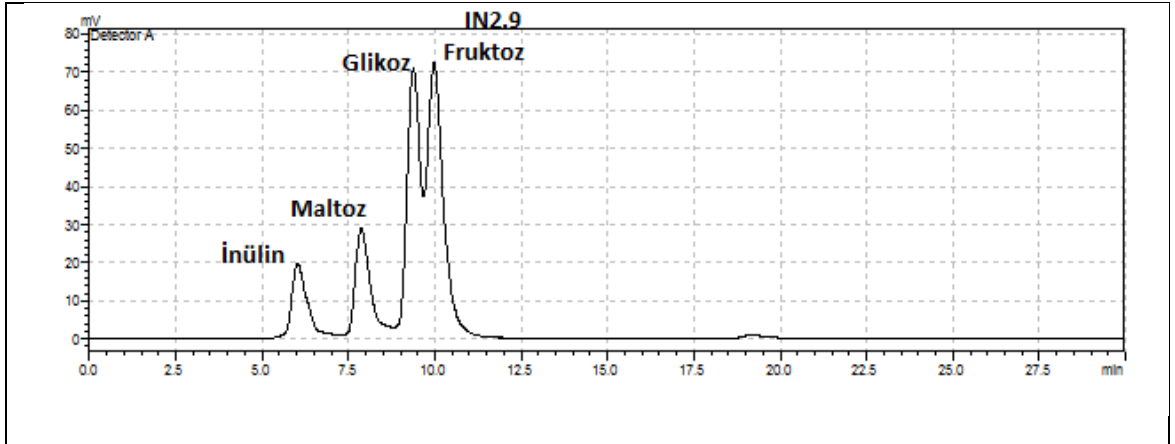
IN2.6: % 9 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



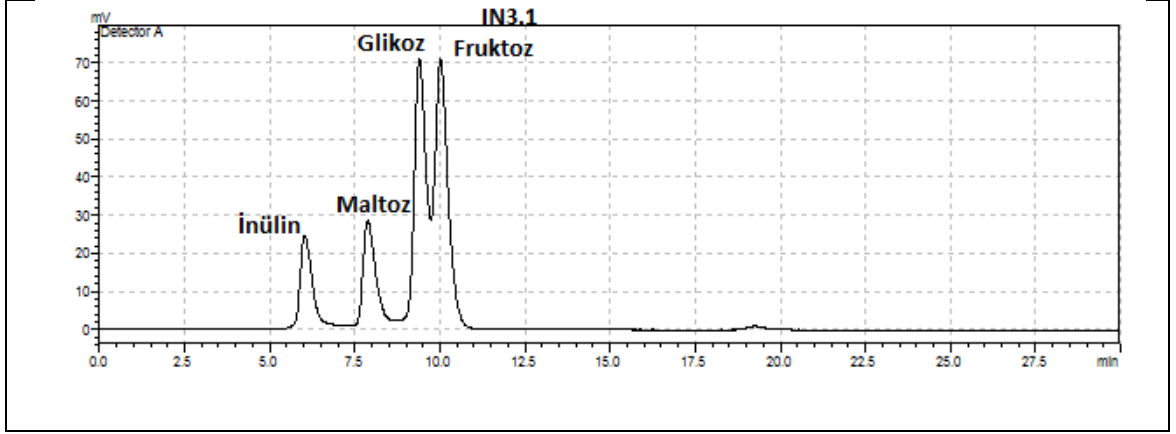
IN2.7: % 9 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



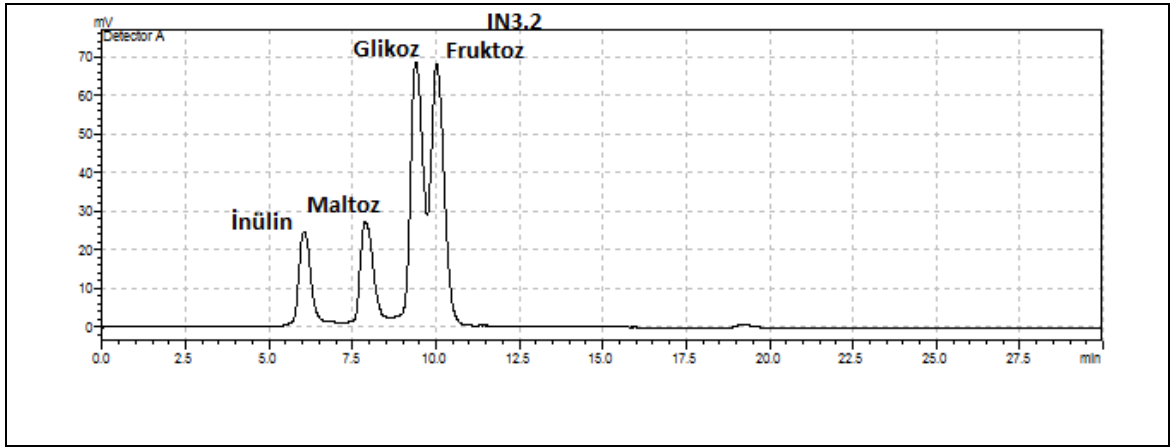
IN2.8: % 9 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



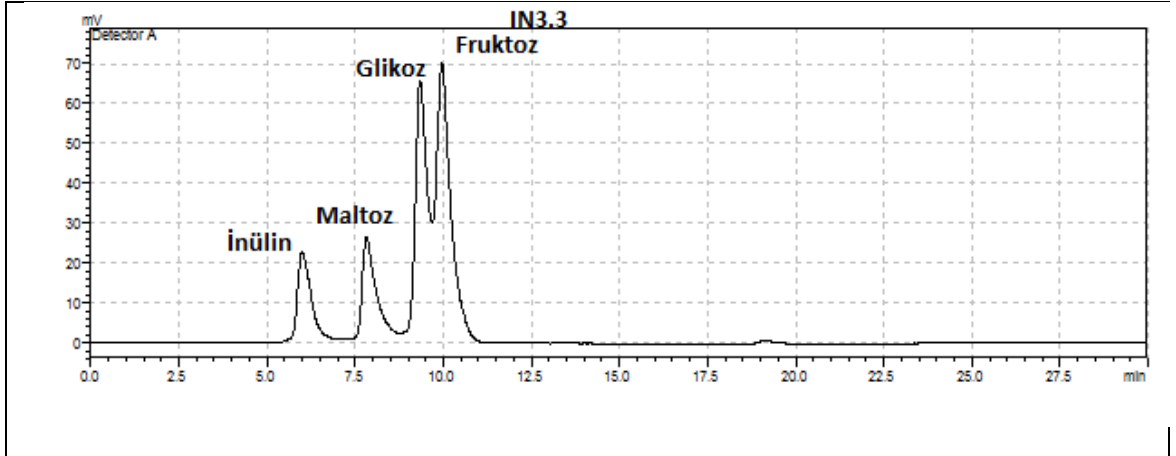
IN2.9: % 9 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



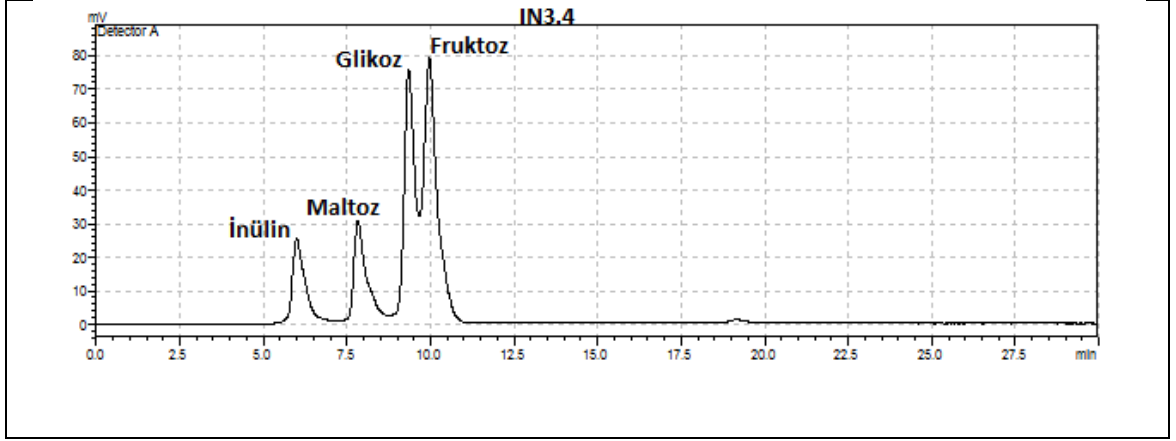
IN3.1: % 12 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



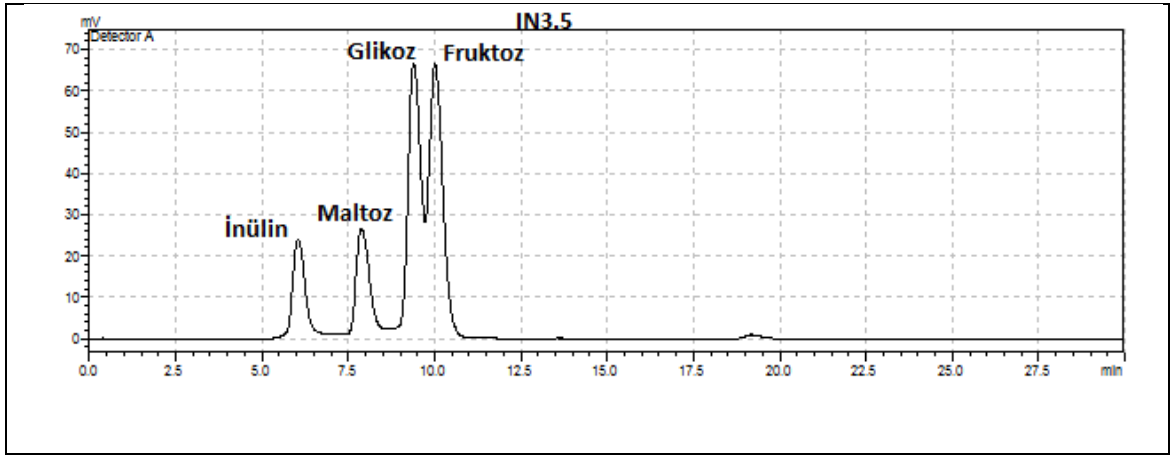
IN3.2: % 12 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



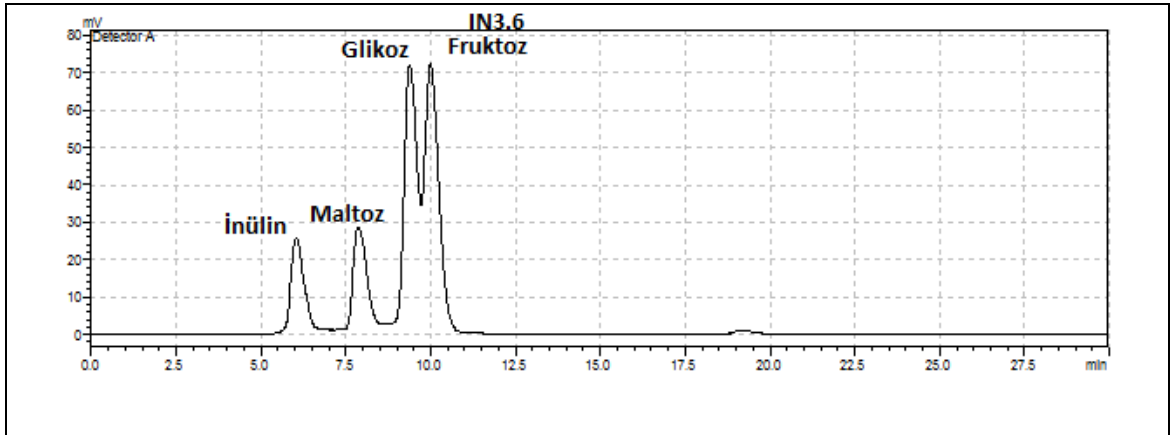
IN3.3: % 12 inülin, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



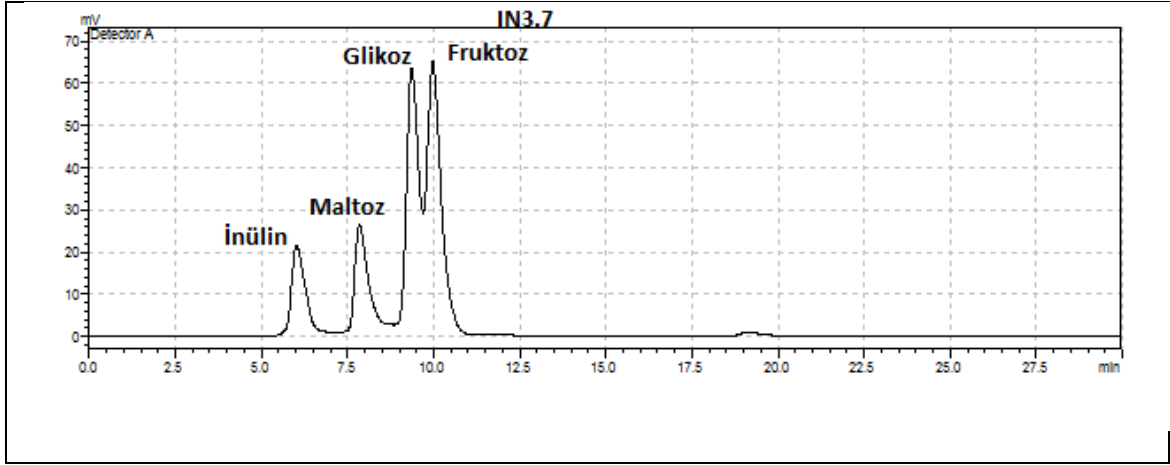
IN3.4: % 12 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



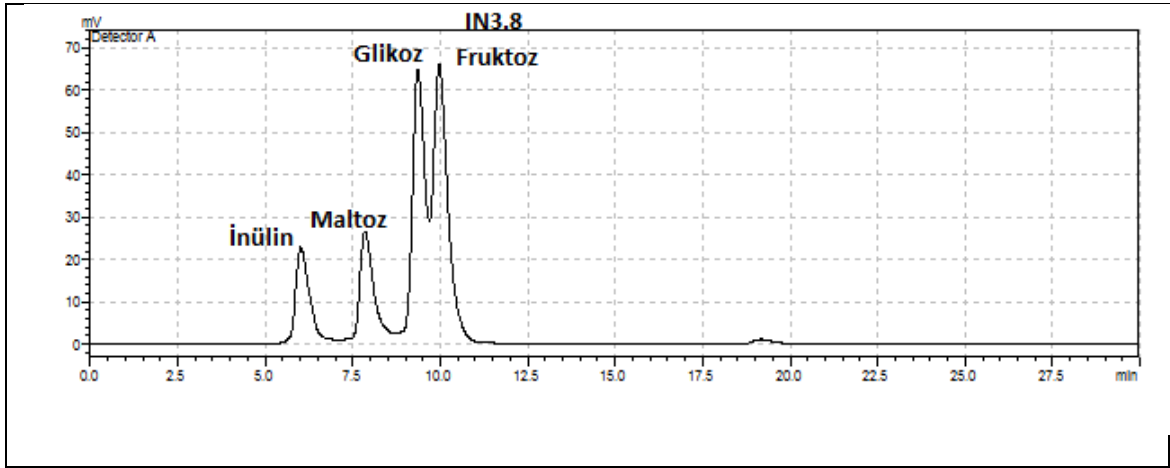
IN3.5: % 12 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



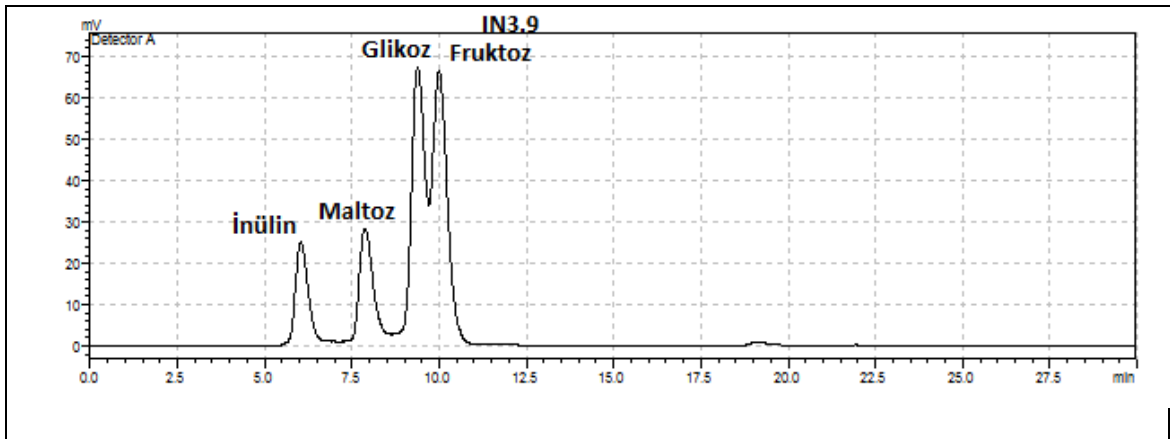
IN3.6: % 12 inülin, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



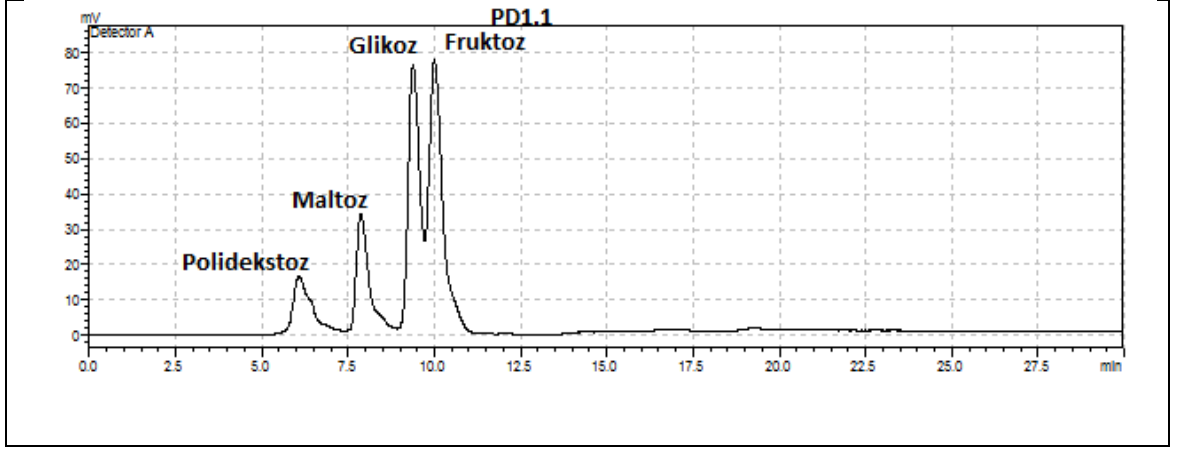
IN3.7: % 12 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



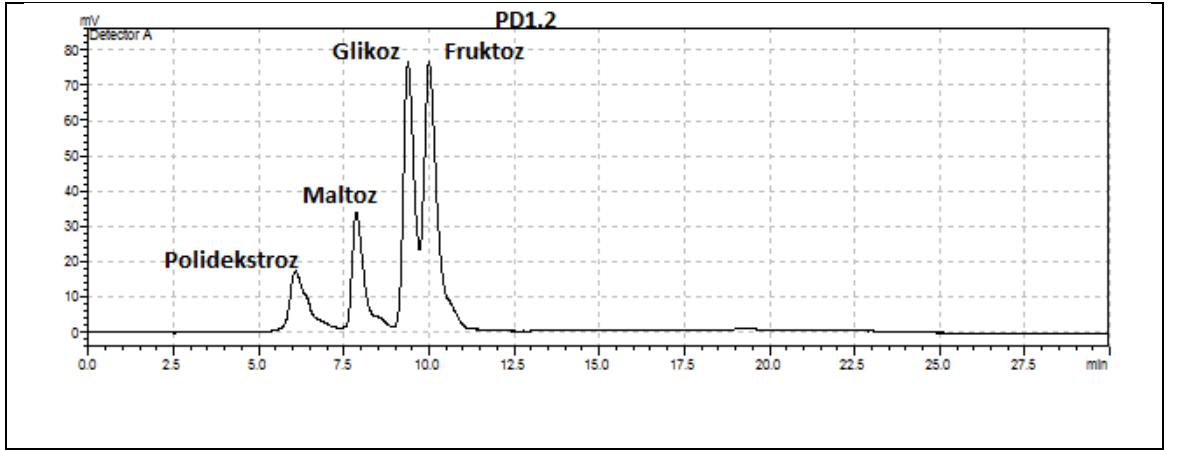
IN3.8: % 12 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



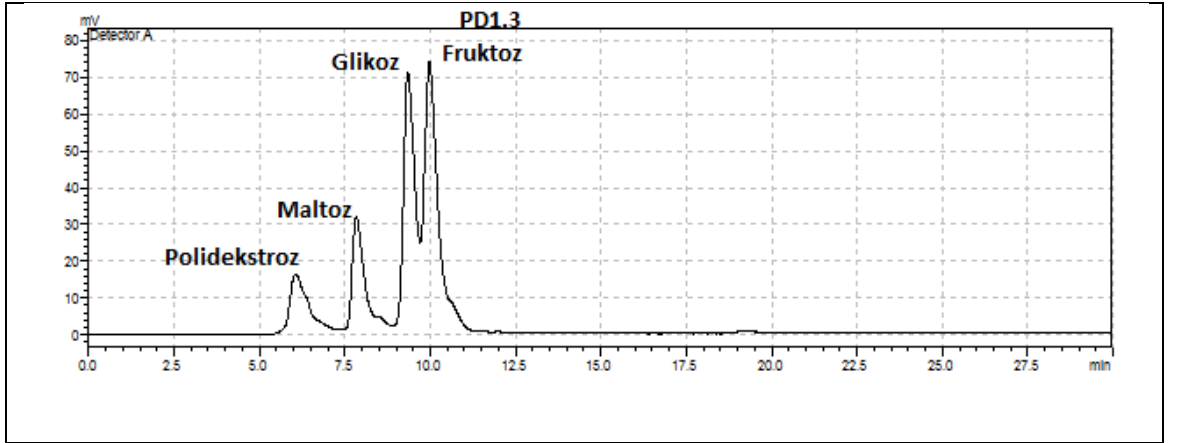
IN3.9: % 12 inülin, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



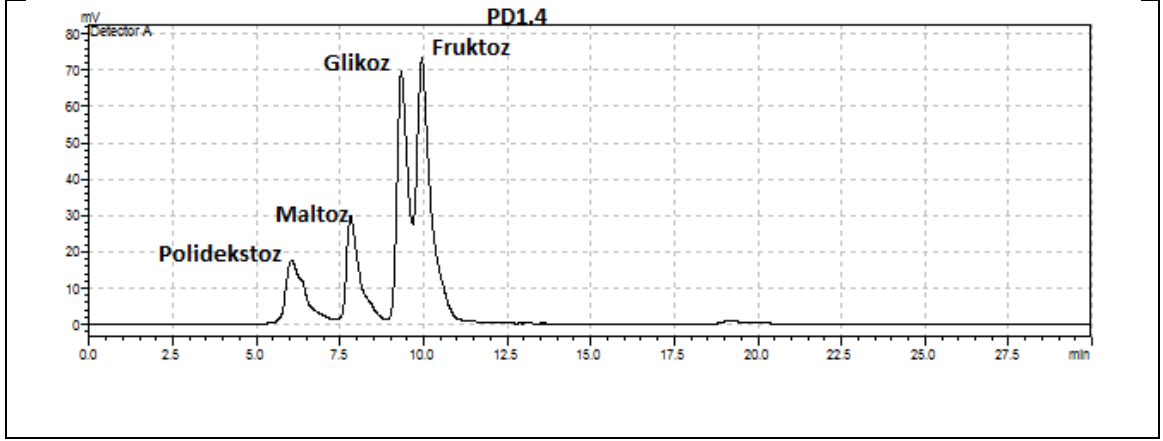
PD1.1: % 6 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



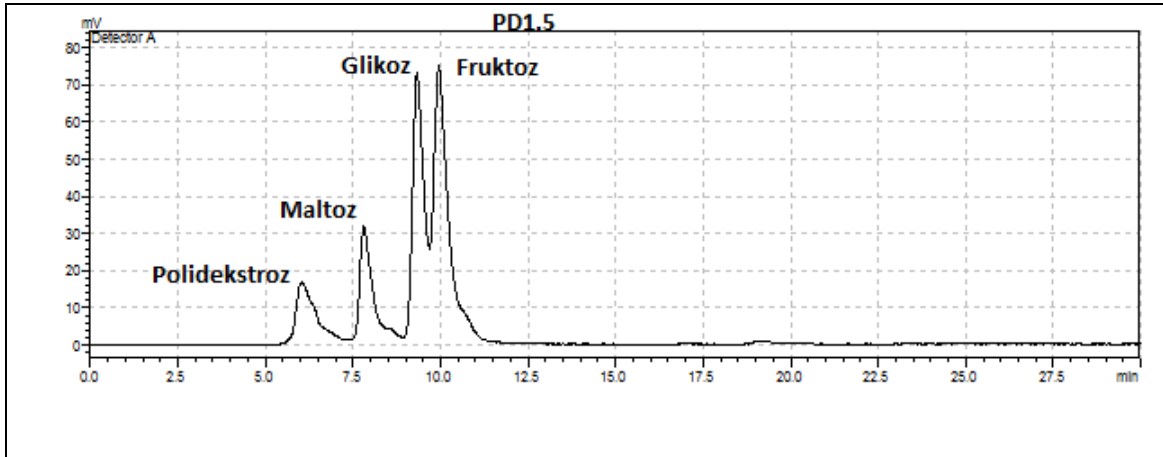
PD1.2: % 6 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



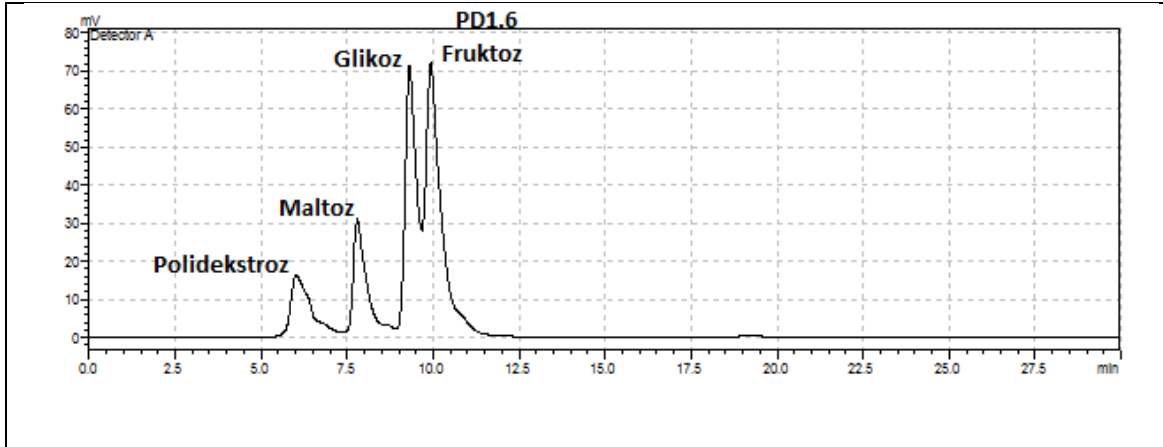
PD1.3: % 6 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4,5 saat konçlama süresi



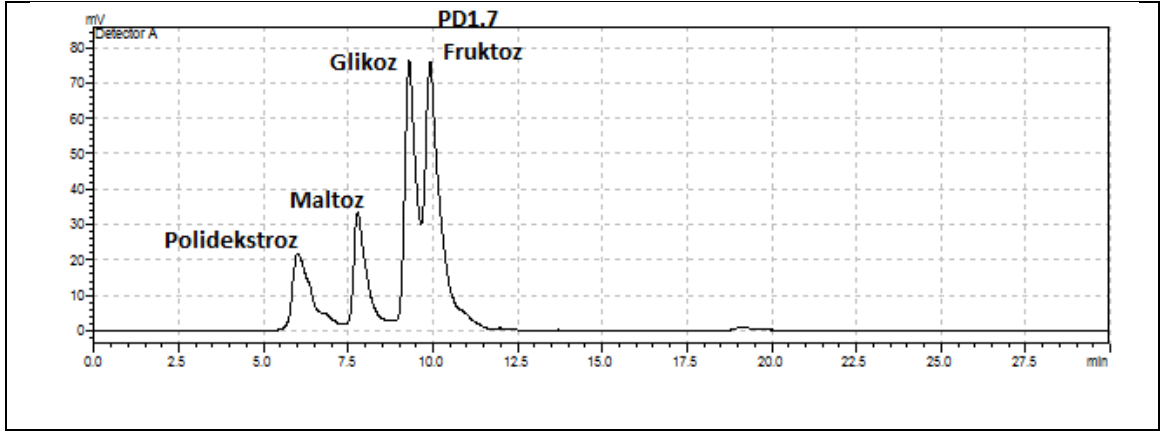
PD1.4: % 6 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



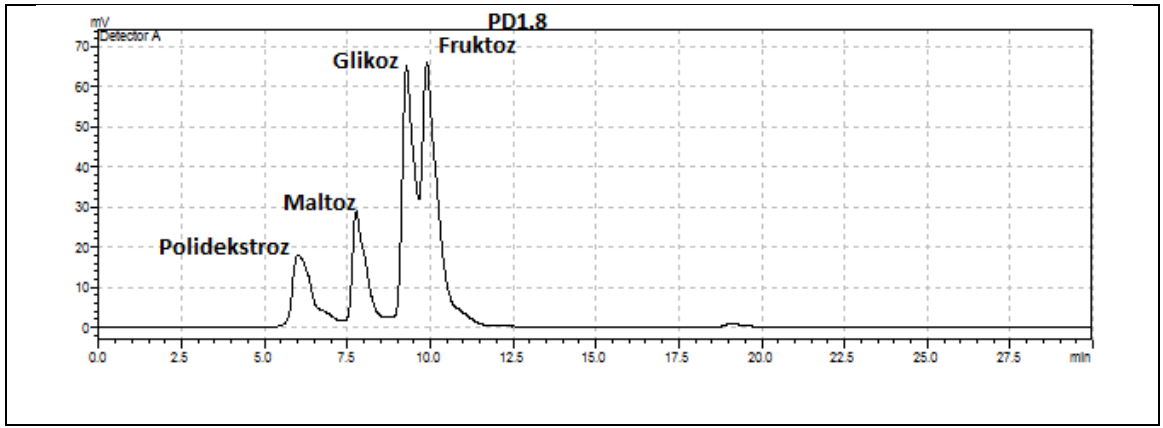
PD1.5: % 6 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



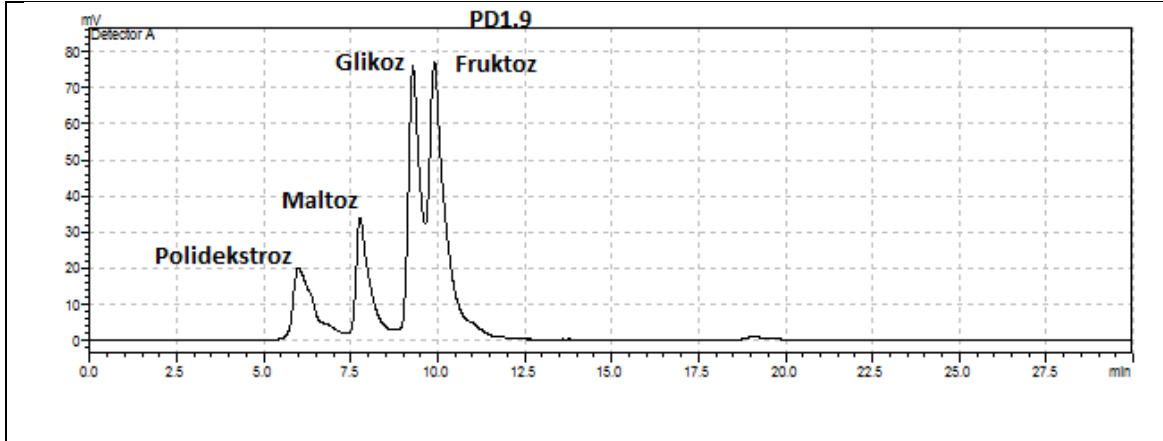
PD1.6: % 6 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



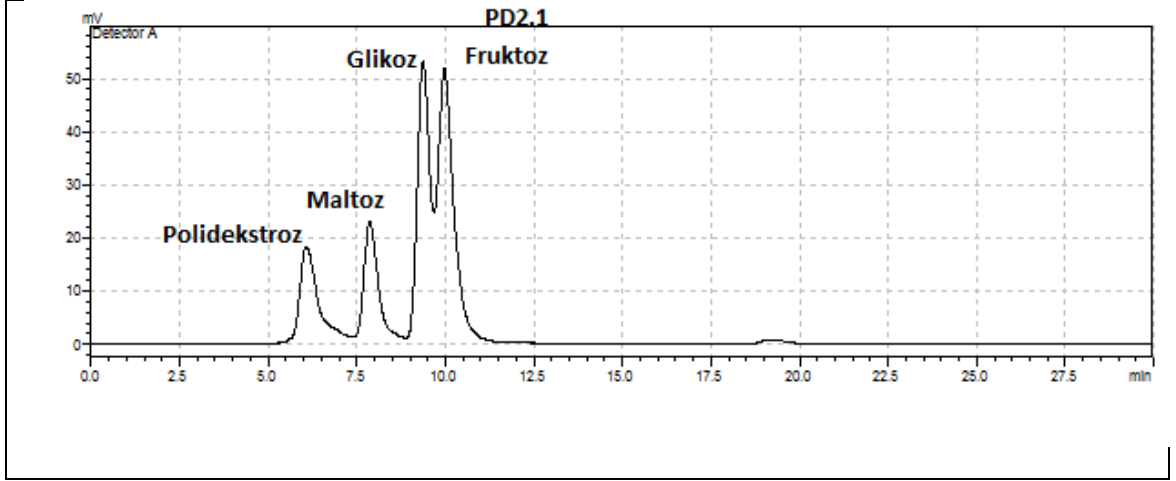
PD1.7: % 6 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



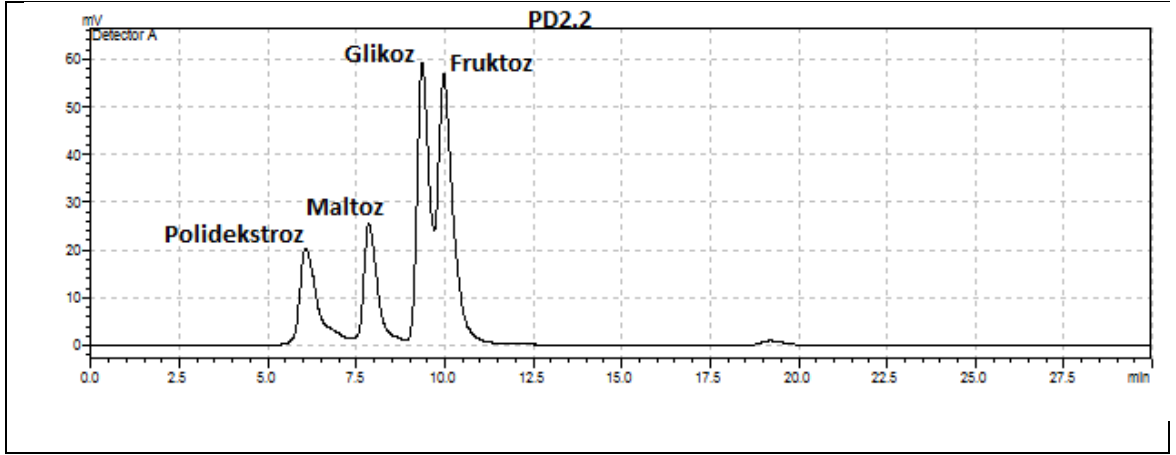
PD1.8: % 6 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



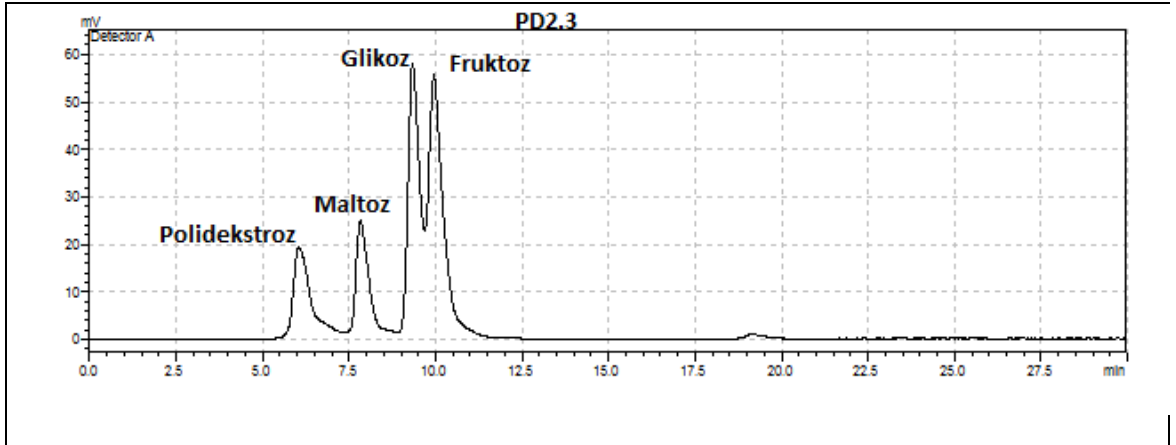
PD1.9: % 6 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



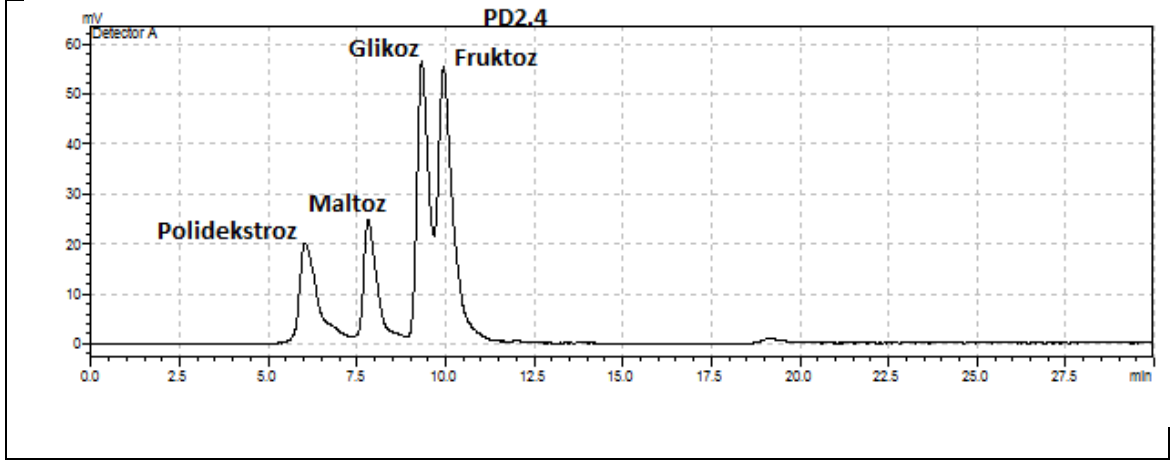
PD2.1: % 9 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



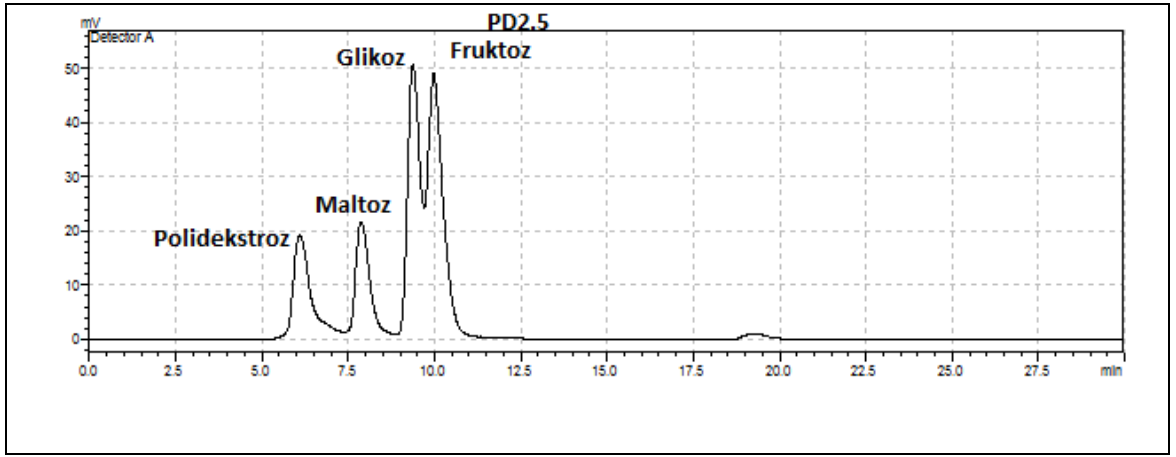
PD2.2: % 9 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



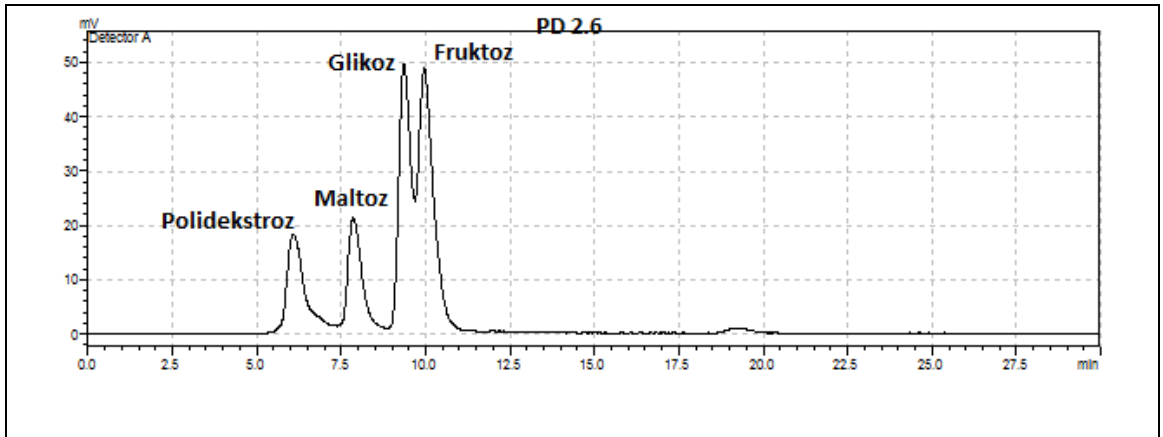
PD2.3: % 9 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



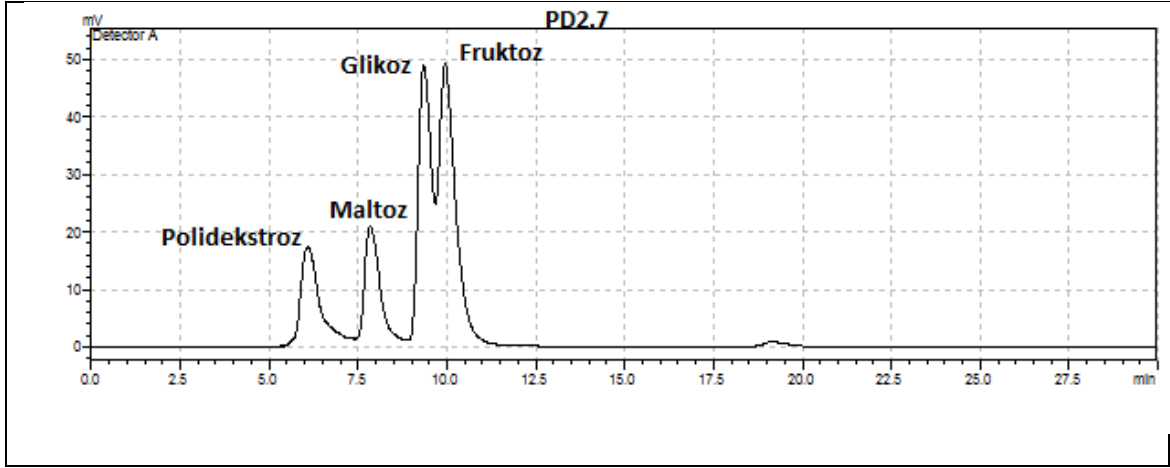
PD2.4: % 9 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



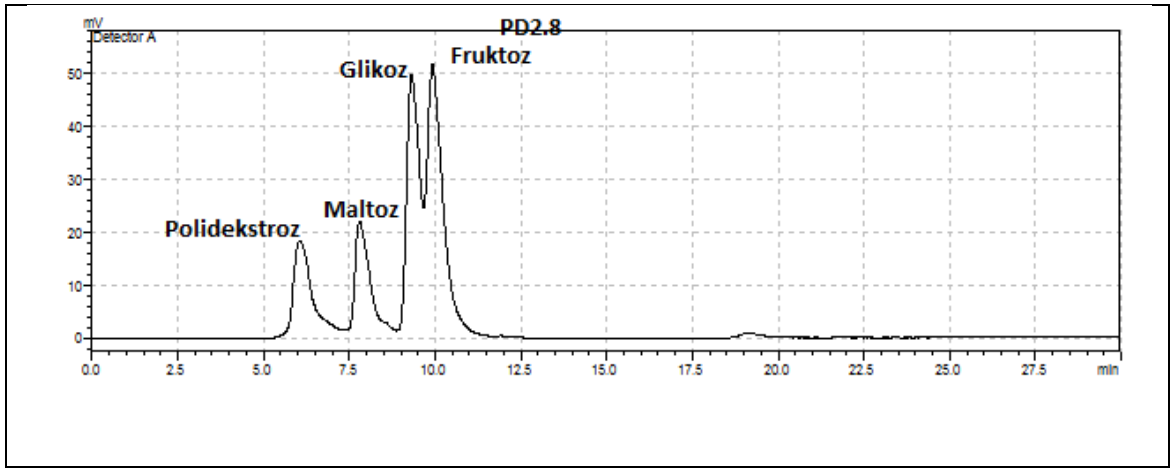
PD2.5: % 9 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



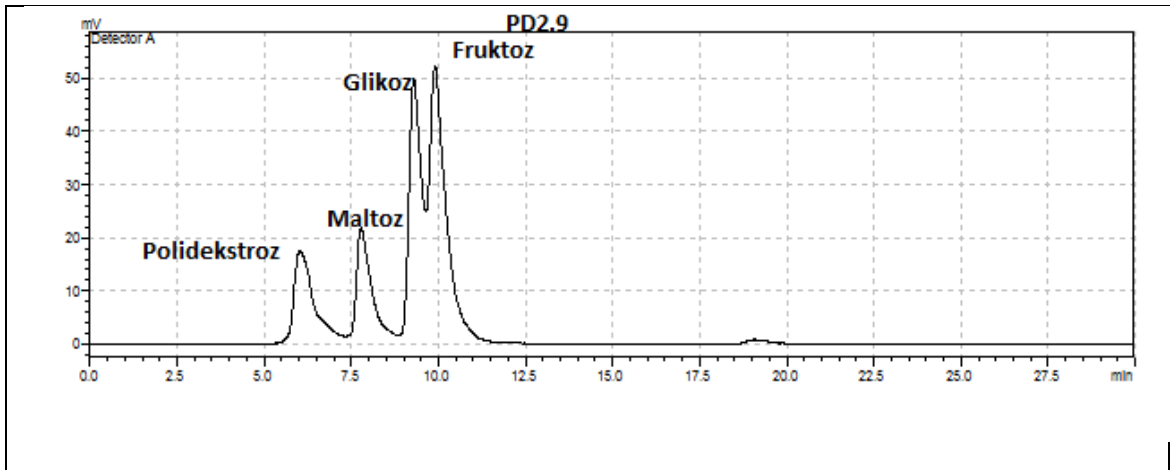
PD2.6: % 9 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



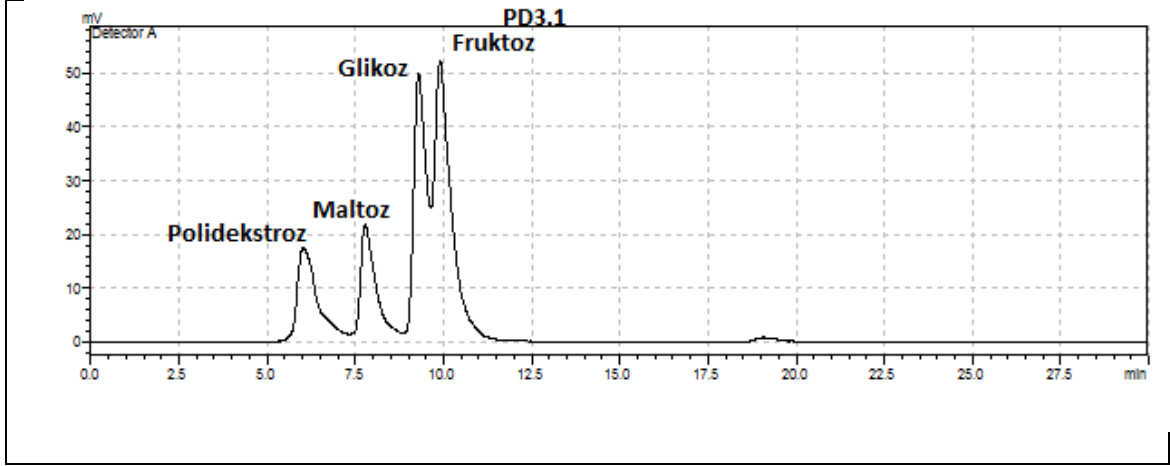
PD2.7: % 9 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



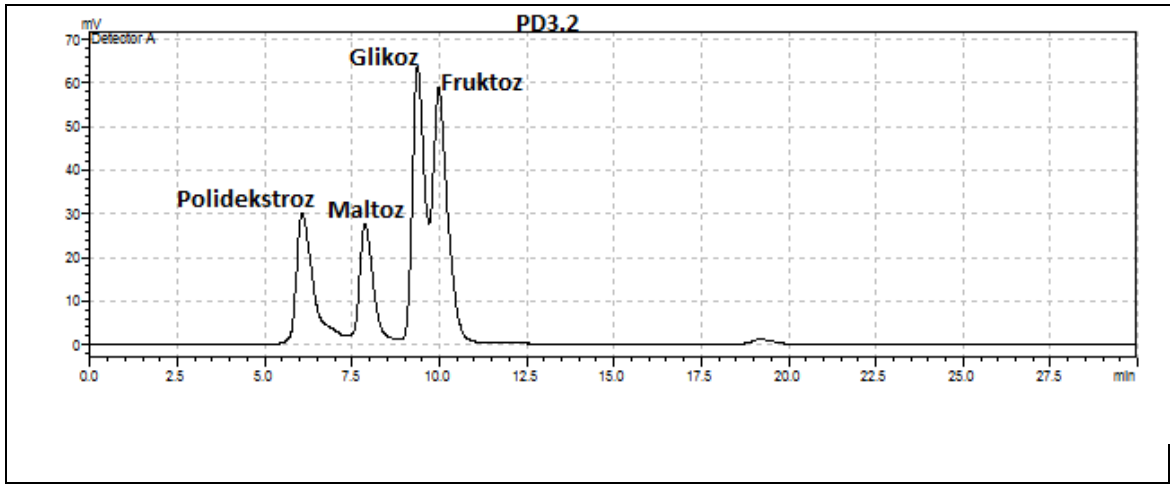
PD2.8: % 9 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



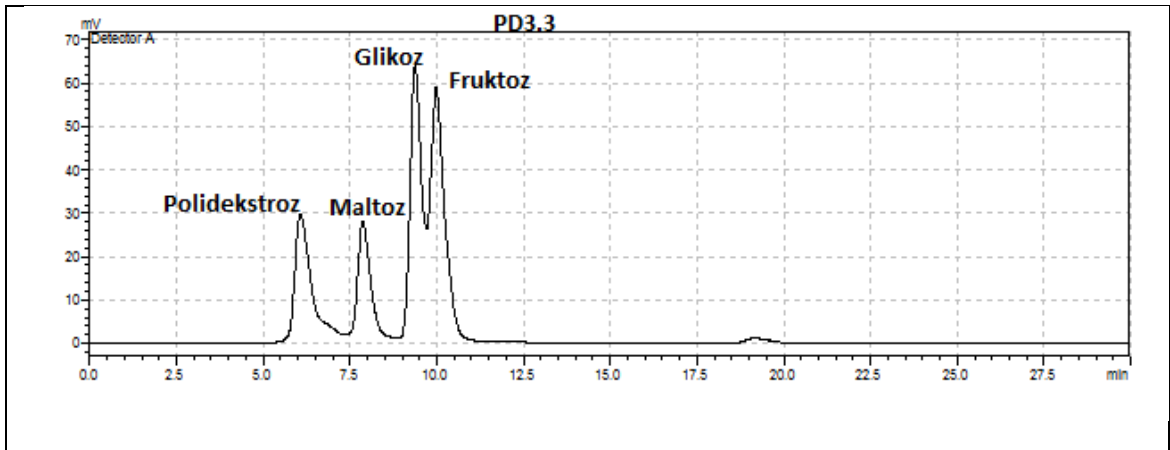
PD2.9: % 9 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



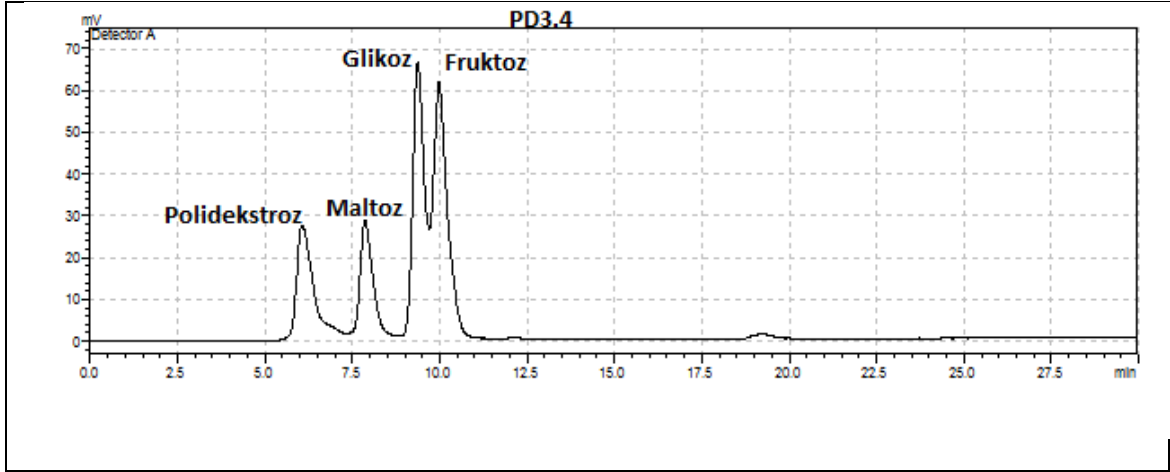
PD3.1: % 12 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



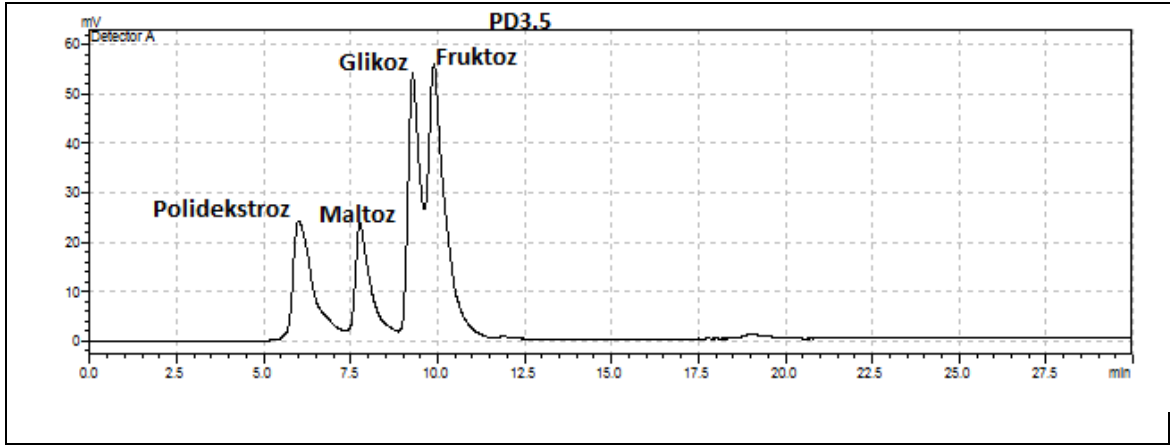
PD3.2: % 12 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



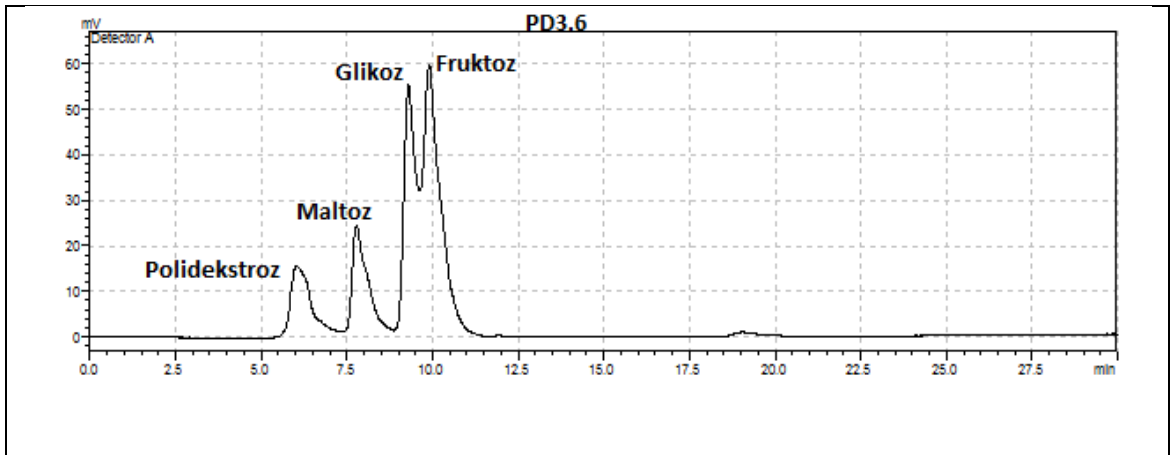
PD3.3: % 12 Polidekstroz, 20 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



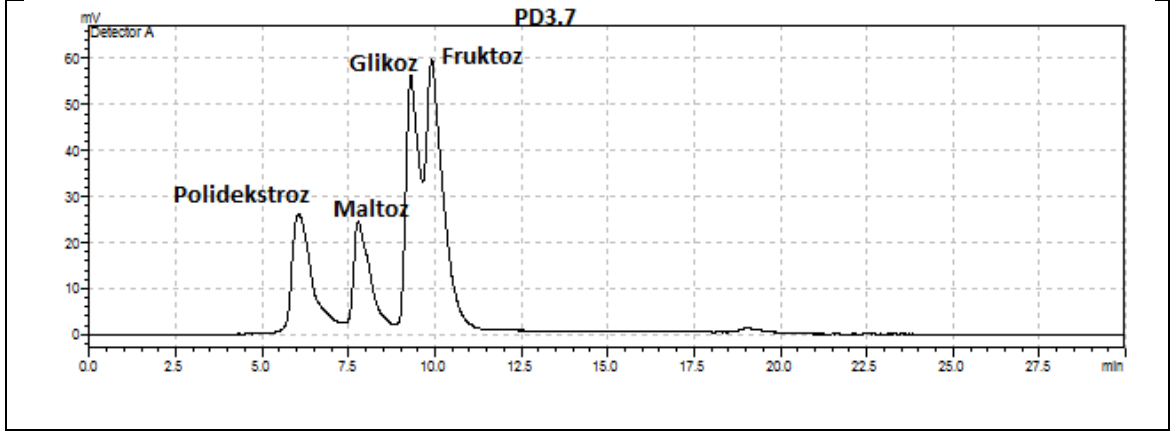
PD3.4: % 12 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



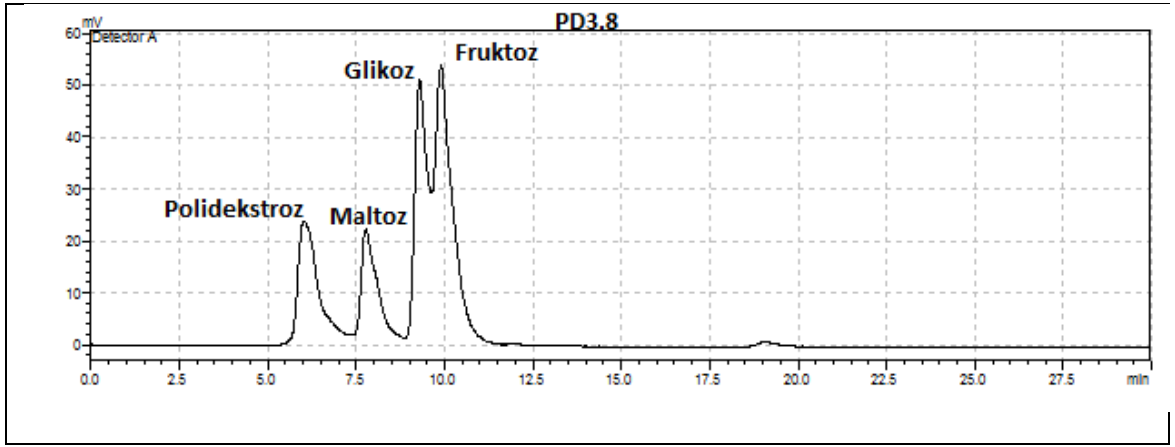
PD3.5: % 12 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



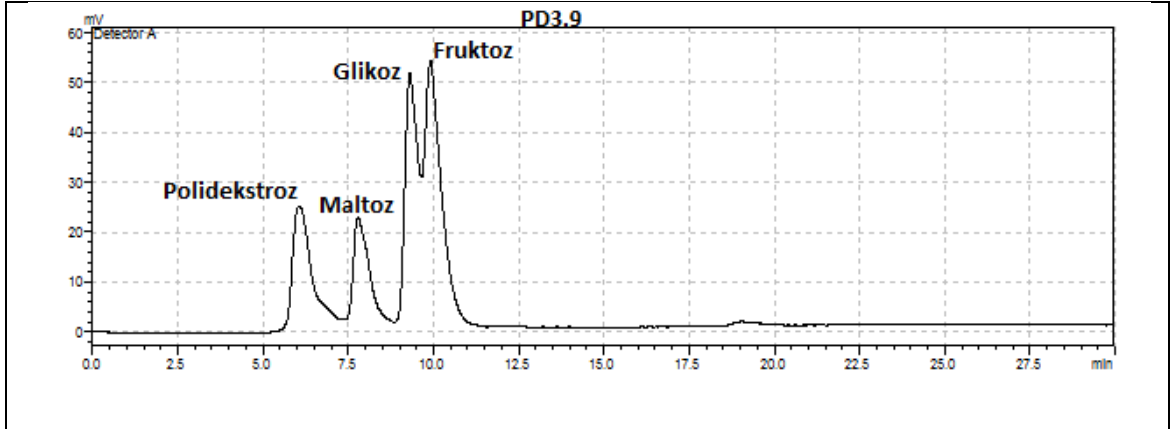
PD3.6: % 12 Polidekstroz, 25 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi



PD3.7: % 12 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 3.5 saat konçlama süresi



PD3.8: % 12 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4 saat konçlama süresi



PD3.9: % 12 Polidekstroz, 28 µm partikül büyüklüğü, 4.5 saat konçlama süresi

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Bilge ÖZHAN

Doğum Yeri: MARDİN

Doğum Tarihi: 07.01.1986

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mardin Anadolu Lisesi (2001-2004)

Lisans : Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2004-2009)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği
Anabilim Dalı (Eylül 2010-Ocak 2013)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Graf Gıda Ltd. Şti. (2010-.....)