

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SICAKLIK, pH VE KONSANTRASYONUN AYVA  
PÜRESİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Gıda Müh. Bilge ARIKAN**

**Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği  
Program: Gıda Mühendisliği**

**EKİM 2008**

**SICAKLIK, pH VE KONSANTRASYONUN AYVA  
PÜRESİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Gıda Müh. Bilge ARIKAN**  
**(506061504)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 15 Eylül 2008**  
**Tezin Savunulduğu Tarih: 13 Ekim 2008**

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. E. Özgül EVRANUZ**

**Doç. Dr. Meral KILIÇ**

**Diğer Jüri Üyeleri** **Prof. Dr. Güldem ÜSTÜN (İ.T.Ü)**

**Prof. Dr. F. Seniha GÜNER (İ.T.Ü)**

**Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ (İ.T.Ü)**

**EKİM 2008**

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada ayva püresinin reolojisinin çeşitli parametreler (sıcaklık, pH, konsantrasyon) karşısında değişimi incelenerek, işleme prosesleri sırasında ürünün akışkanlık profili ile ilgili veriler elde edilmiş ve ayva püresinin reolojik modellemesi yapılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmalarım sırasında çok kıymetleri tavsiyeleriyle beni yönlendiren ve desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. E. Özgül Evranuz ve Doç. Dr. Meral Kılıç'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca Zeynep Tacer ve E. Aslı Özen başta olmak üzere tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmam sırasında bana manen destek olan ailem ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında ayva püresini temin etmemde yardımcı olan Dimes Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye minnetlerimi sunarım.

EKİM, 2008

Bilge ARIKAN

## İÇİNDEKİLER

|                |  |
|----------------|--|
| TABLO LİSTESİ  |  |
| ŞEKİL LİSTESİ  |  |
| SEMBOL LİSTESİ |  |
| ÖZET           |  |
| SUMMARY        |  |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. GİRİŞ                                                                                 | 1  |
| 2. AYVA PÜRESİ                                                                           | 3  |
| 2.1. Ayvanın Tanımı                                                                      | 3  |
| 2.2. Ayva Nektarı ve Üretimi                                                             | 3  |
| 3. REOLOJİ                                                                               | 6  |
| 3.1. Akışkanların Reolojik Davranışlarına Göre Sınıflandırılması                         | 6  |
| 3.1.1. Newton tipi davranış                                                              | 6  |
| 3.1.2. Newton tipi olmayan davranışlar                                                   | 7  |
| 3.2. Gıdalarda Reolojik Özelliklerin Bilinmesinin Önemi                                  | 11 |
| 3.3. Meyve Pürelerinin Reolojik Özelliklerine Etki Eden Faktörler                        | 13 |
| 3.3.1. Sıcaklık                                                                          | 13 |
| 3.3.2. Toplam katı madde konsantrasyonu                                                  | 14 |
| 3.3.3. Partikül boyutu                                                                   | 14 |
| 3.3.4. pH                                                                                | 14 |
| 3.3.5. Pektin                                                                            | 15 |
| 3.3.6. Enzim konsantrasyonu                                                              | 15 |
| 3.4. Meyve Ürünlerinin Reolojik Davranışının Belirlenmesi ile ilgili Yapılmış Çalışmalar | 16 |
| 4. MATERYAL VE METOT                                                                     | 19 |
| 4.1. Materyal                                                                            | 19 |
| 4.2. Ayva Püresi Karakterizasyonu                                                        | 19 |
| 4.2.1. Nem tayini                                                                        | 19 |
| 4.2.2. Çözünür katı madde tayini                                                         | 19 |
| 4.2.3. pH tayini                                                                         | 19 |
| 4.2.4. Kül tayini                                                                        | 20 |
| 4.2.5. Toplam asitlik tayini                                                             | 20 |
| 4.2.6. Alkolde çözünmeyen katı madde tayini                                              | 20 |
| 4.2.7. Pektin tayini                                                                     | 20 |

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.8. Protein tayini                                                      | 21        |
| <b>4.3. Reolojik Özelliklerin Analizi</b>                                  | <b>21</b> |
| 4.3.1. Örnek hazırlama                                                     | 21        |
| 4.3.2. Deney tasarımı                                                      | 21        |
| 4.3.3. Reolojik ölçüm metodu                                               | 23        |
| <b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA</b>                                             | <b>25</b> |
| <b>5.1. Ayva Püresinin Kimyasal ve Fiziksel Karakterizasyonu</b>           | <b>25</b> |
| <b>5.2. Ayva Püresinin Reolojik Özellikleri</b>                            | <b>26</b> |
| 5.2.1. Zamandan bağımsız reolojik özellikler                               | 26        |
| 5.2.2 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun reolojik özellikler üzerine etkileri | 31        |
| 5.2.2.1 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun kıvam indeksi (k) üzerine etkileri | 33        |
| 5.2.2.2 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun akış indeksi üzerine etkileri      | 36        |
| 5.2.2.3 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun akma gerilimi üzerine etkileri     | 36        |
| <b>5.3. Zamana Bağlı Reolojik Özellikler</b>                               | <b>40</b> |
| 5.3.1 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun tiksotropi üzerine etkileri          | 42        |
| <b>6. SONUÇ</b>                                                            | <b>47</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                                           | <b>48</b> |
| <b>EKLER</b>                                                               | <b>53</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                                            | <b>83</b> |

## **KISALTMALAR**

**AIS:** Alcohol Insoluble Solids

**AOAC:** Association of Official Analytical Chemists

**C:** Katı madde konsantrasyonu

**CR:** Controlled Rate

**T:** Sıcaklık

**UHP:** Ultra High Pressure

**USDA:** United States Department of Agriculture

**KT:** Kareler toplamı

**SE:** Standart hata

**TABLO LİSTESİ****Sayfa No**

|                   |                                                                                                                                                                |    |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 4.1</b>  | Bağımsız değişkenlerin seviyeleri ve kodları.....                                                                                                              | 22 |
| <b>Tablo 4.2</b>  | Merkezi Kompozit Deney Tasarımı.....                                                                                                                           | 22 |
| <b>Tablo 5.1</b>  | Ayva püresinin fiziksel ve kimyasal özellikleri .....                                                                                                          | 25 |
| <b>Tablo 5.2</b>  | Herschel-Bulkley modeline uygun olarak tiksotropi yok<br>edildikten sonra elde edilen kıvam indeksi, akış indeksi<br>ve akma gerilimi değerleri.....           | 28 |
| <b>Tablo 5.3</b>  | Bazı meyve pürelerinin Herschel-Bulkley model<br>parametreleri.....                                                                                            | 30 |
| <b>Tablo 5.4</b>  | Herschel-Bulkley modeline göre tiksotropi yok edilmeden<br>önceki çıkış eğrisinden elde edilen kıvam indeksi, akış indeksi<br>ve akma gerilimi değerleri ..... | 31 |
| <b>Tablo 5.5</b>  | Ayva püresinin reolojik özelliklerine faktörlerin (sıcaklık, pH ve<br>konsantrasyon) etkilerinin değerlendirildiği varyans<br>analiz tablosu .....             | 32 |
| <b>Tablo 5.6</b>  | Ayva püresinin reolojik özelliklerine sıcaklık, pH ve<br>konsantrasyonun etkileri.....                                                                         | 33 |
| <b>Tablo 5.7</b>  | Ayva püresinin farklı sıcaklık, pH ve katı madde<br>konsantrasyonlarında tiksotropi değerleri .....                                                            | 41 |
| <b>Tablo A.1</b>  | Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri .....                                           | 53 |
| <b>Tablo A.2</b>  | Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri .....                                           | 55 |
| <b>Tablo A.3</b>  | Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri .....                                         | 57 |
| <b>Tablo A.4</b>  | Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 4 ve 75 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri .....                                           | 59 |
| <b>Tablo A.5</b>  | Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 3 ve 75 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri .....                                           | 61 |
| <b>Tablo A.6</b>  | Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 25 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri.....                                          | 63 |
| <b>Tablo A.7</b>  | Ayva püresinin %10 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri.....                                          | 65 |
| <b>Tablo A.8</b>  | Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3 ve 50 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri.....                                            | 67 |
| <b>Tablo A.9</b>  | Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 4 ve 50 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri.....                                            | 69 |
| <b>Tablo A.10</b> | Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri.....                                          | 71 |
| <b>Tablo A.11</b> | Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 75 °C<br>sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri.....                                          | 73 |

|                   |                                                                                                                  |    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo A.12</b> | Ayva püresinin %10 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri..... | 75 |
| <b>Tablo A.13</b> | Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri..... | 77 |
| <b>Tablo A.14</b> | Ayva püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 75 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri..... | 79 |
| <b>Tablo A.15</b> | Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 75 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri..... | 81 |

## ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa No

|            |                                                                                                                                                  |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1  | : Meyve nektarı üretimi akış şeması.....                                                                                                         | 4  |
| Şekil 3.1  | : Newtonyen tipi akışkanlara ait akış eğrisi.....                                                                                                | 7  |
| Şekil 3.2  | : Psödoplastik tipi akışkanlara ait akış eğrisi.....                                                                                             | 8  |
| Şekil 3.3  | : Dilatant tipi akışkanlara ait akış eğrisi.....                                                                                                 | 9  |
| Şekil 3.4  | : Bingham plastik tipi akışkanlara ait akış eğrisi.....                                                                                          | 10 |
| Şekil 3.5  | : Tiksotropik, reopektik ve zamandan bağımsız akışkanların zamana bağlı kayma stresi değişimi.....                                               | 11 |
| Şekil 5.1  | : Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50°C sıcaklıkta 1. ölçüm ve 2. ölçüm akış eğrileri.....                                            | 26 |
| Şekil 5.2  | : Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıkta deneysel veriler ve Herschel- Bulkley modeli ile elde edilen akış eğrileri.....     | 27 |
| Şekil 5.3  | : Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıkta deneysel veriler ve Herschel- Bulkley modeli ile elde edilen akış eğrileri.....     | 29 |
| Şekil 5.4  | : Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıkta deneysel veriler ve Herschel- Bulkley modeli ile elde edilen akış eğrileri.....   | 29 |
| Şekil 5.5  | : pH ve konsantrasyonun (%) kıvam indeksi üzerine etkisi.....                                                                                    | 34 |
| Şekil 5.6  | : pH ve sıcaklığın (°C) kıvam indeksi üzerine etkisi.....                                                                                        | 35 |
| Şekil 5.7  | : Sıcaklık (°C) ve konsantrasyonun (%) kıvam indeksi üzerine etkisi.....                                                                         | 35 |
| Şekil 5.8  | : pH ve sıcaklığın (°C) akma gerilimi üzerine etkisi.....                                                                                        | 37 |
| Şekil 5.9  | : pH ve konsantrasyonun (%) akma gerilimi üzerine etkisi.....                                                                                    | 38 |
| Şekil 5.10 | : Sıcaklık (°C) ve konsantrasyonun (%) akma gerilimi üzerine etkisi.....                                                                         | 38 |
| Şekil 5.11 | : Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C'de akış eğrisi.....                                                                            | 40 |
| Şekil 5.12 | : Konsantrasyon (%) ve sıcaklığın (°C) tiksotropi üzerine etkisi.....                                                                            | 42 |
| Şekil 5.13 | : Konsantrasyon (%) ve pH'nın tiksotropi üzerine etkisi.....                                                                                     | 42 |
| Şekil 5.14 | : Sıcaklık (°C) ve pH'nın tiksotropi üzerine etkisi.....                                                                                         | 43 |
| Şekil 5.15 | : Ayva püresinin %10 konsantrasyon, pH 3,5, 25 °C ve 100 s <sup>-1</sup> sabit kayma hızında görünür viskozite eğrisi.....                       | 44 |
| Şekil 5.16 | : Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5, 25 °C ve 100 s <sup>-1</sup> sabit kayma hızında görünür viskozite eğrisi.....                       | 45 |
| Şekil 5.17 | : Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 3,5, 25 °C ve 100 s <sup>-1</sup> sabit kayma hızında görünür viskozite eğrisi.....                       | 45 |
| Şekil 5.18 | : Ayva püresinin %18 konsantrasyon ve pH 3,5 için 25, 50 ve 75 °C'de ve 100 s <sup>-1</sup> sabit kayma hızında görünür viskozite eğrileri ..... | 46 |

|                   |                                                                                    |    |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil A.1</b>  | : Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi .....   | 53 |
| <b>Şekil A.2</b>  | : Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi .....   | 55 |
| <b>Şekil A.3</b>  | : Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi ..... | 57 |
| <b>Şekil A.4</b>  | : Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 4 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....    | 59 |
| <b>Şekil A.5</b>  | : Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 3 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....    | 61 |
| <b>Şekil A.6</b>  | : Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....  | 63 |
| <b>Şekil A.7</b>  | : Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....  | 65 |
| <b>Şekil A.8</b>  | : Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....    | 67 |
| <b>Şekil A.9</b>  | : Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 4 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi .....   | 69 |
| <b>Şekil A.10</b> | : Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....  | 71 |
| <b>Şekil A.11</b> | : Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....  | 73 |
| <b>Şekil A.12</b> | : Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....    | 75 |
| <b>Şekil A.13</b> | : Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....    | 77 |
| <b>Şekil A.14</b> | : Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....    | 79 |
| <b>Şekil A.15</b> | : Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi.....    | 81 |

## **SEMBOL LİSTESİ**

k: kıvam indeksini

$\tau$  : kayma stresi

$\gamma$  : kayma hızı

k : kıvam indeksi

$\tau_0$ : akma gerilimi

n: akış indeksi

sd: serbestlik derecesi

## SICAKLIK, pH VE KONSANTRASYONUN AYVA PÜRESİNİN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

### ÖZET

Yüksek pektin içeriği ve metabolik yararlarına rağmen, buruk tadı ve sert yapısı nedeniyle çiğ olarak tüketimi çok yaygın olmayan ayvanın alternatif tüketim şekillerinden biri de ayva nektarıdır. Ayva nektarı üretimi esnasında, ayva püresi farklı işlem koşullarına maruz kalmaktadır. Bu koşullar karşısında ayva püresinin akışkanlık özellikleri değişmekte ve bu değişim uygulanan işlemin verimliliğini etkilemektedir.

Bu çalışmada, ayva püresinin kimyasal bileşimi ve farklı işleme koşullarındaki reolojik özellikleri belirlenmiştir. Ayva püresinin %19,3 katı madde konsantrasyonu, 15,4°Brix çözünür katı madde, %0,32 kül, %0,46 protein, %5,9 alkolde çözünmeyen katı madde, 1,0627 g/100 g toplam asitlik ve %2 pektin içeriğine sahip olduğu ve pH'sının 3,6 olduğu saptanmıştır.

Ayva püresinin reolojik özellikleri, sıcaklık (25-75°C), pH (3-4) ve katı madde konsantrasyonu (%14-18) olmak üzere üç farklı işleme parametresine bağlı olarak kontrollü kayma hızı modunda paralel plakalı sensör kullanılarak incelenmiştir. Deney tasarımı tepki yüzey yöntemi ile hazırlanmıştır. Ayva püresinin 0-300 s<sup>-1</sup> kayma hızı aralığında, kayma stresinin kayma hızı yükseldikçe arttığı psödoplastik davranış göstermiştir ve Herschel-Bulkley modeline uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca kayma stresi-kayma hızı grafiğinde histerisis halkası olduğu gözlenmiştir. Bu halka akış davranışının zamana bağımlı olduğunu göstermektedir. Doğrusal olmayan regresyon analizi ile ayva püresinin Herschel- Bulkley modeline göre kıvam katsayısı, akış davranış indeksi, ve akma gerilimi, değerleri elde edilmiştir. Modelleme, histerisis halkası yok edilerek zamana bağımlılığın giderildiği ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak yapılmıştır. Zamana bağlı reolojik özellikler, 100 s<sup>-1</sup> sabit kayma hızında incelenmiştir. Analizlerde istatistiksel önem düzeyi olarak 0,05 kullanılmıştır.

Kıvam indeksinin katı madde konsantrasyonunun artışı ile yükseldiği (p=0,014) ve sıcaklık artışı ile azaldığı (0,012) belirlenmiştir. pH'nın kıvam indeksi üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Akış davranış indeksinin 0,326-0,544 değerleri arasında değiştiği ve sıcaklık, pH ve katı madde konsantrasyonu değişiminden önemli düzeyde etkilenmediği gözlenmiştir. Akma gerilimi değerlerinin katı madde konsantrasyonunun artışı ile yükseldiği (p=0,001) belirlenmiştir. pH'nın akma gerilimi üzerine etkisi önemli bulunmuş (p=0,013) ve pH 3,5'ta akma geriliminin en düşük değerine ulaştığı görülmüştür. Katı madde konsantrasyonundaki artışın

(0,044) ve sıcaklıktaki azalmanın (0,028) tiksotropide artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın ışığında, ayva püresinin reolojisi ve kimyasal bileşimi ile ilgili üretilen bilgi ve veriler, ayva nektarı ve diğ er ayva ürünlerin proses ve ekipman tasarımlarının doğru şekilde yapılmasına yardımcı olacaktır. Böylece, ayva meyvesi çeşitli ürünlerde kullanılarak tüketiminin artmasına yardımcı olacaktır.

## **EFFECT OF TEMPERATURE, pH AND CONCENTRATION ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF QUINCE PURÉE**

### **SUMMARY**

Quince nectar is an alternative product with its high fiber content for consumers since quince fruit has an astringent flavour and tough texture. Quince puree encounter with different process conditions and these conditions affect rheological properties of quince puree.

In this study, chemical composition and rheological properties under different process conditions of quince puree is determined. Quince puree is composed of %19,3 total solids, 15,4°Brix soluble solids, %0,32 ash, %0,46 protein, %5,9 alcohol insoluble solids, 1,0627 g/100 g acidity and %2 pectin and its pH is 3,6.

Rheological properties of quince puree was analyzed with controlled shear rate mode under different levels of temperature (25-75°C), total soluble solids (14-18%) and pH (3-4) values. Experimental design is prepared by using response surface methodology. Quince puree exhibited pseudoplasticity with yield stress and flow following Herschel-Bulkley model for the best fit at shear rate between  $1-300\text{ s}^{-1}$ . Also hysteresis loop is occurred when shear rate-shear stress curve is analyzed. This loop shows that flow behaviour of quince puree is time dependent. Consistency index, flow behaviour index, and yield stress values are obtained from Herschel-Bulkley model by using non-linear regression analysis. Time dependent rheological properties of quince puree are analysed at  $100\text{ s}^{-1}$  constant shear rate.

Consistency index increased with concentration increase ( $p=0,014$ ) and decreased with temperature increase ( $p=0,012$ ). Flow behaviour index did not affected by any of the variables and the flow index values changed between 0,326-0,544. Yield stress increased with an increase in concentration ( $p=0,001$ ). pH has an significant effect ( $p=0,013$ ) on the yield stress and the yield stress has reached its lowest value at pH 3,5. Increase in concentration ( $p=0,044$ ) and decrease in temperature (0,028) produced an increment in thixotrophy.

The information from this study on the rheology and chemical composition of quince puree will assist to facilitate beter designs of process and equipments of quince nectar and any other quince products. This will lead increased consumption of quince fruit.

## 1. GİRİŞ

Ayva meyvesi, aynı sınıfta bulunan elma ve armut gibi vitamin, mineral, pektin ve fenolik bileşen bakımından zengin bir meyvedir (Çiftçi, 1999; Hamauzu ve diğ., 2006; Silva ve diğ., 2002). Buruk tadı ve sert yapısı sebebiyle çiğ olarak tüketimi çok yaygın olmayan ayva, daha çok işlenmiş şekilde, meyve likörü, reçel ve pişirilmiş tatlı olarak tüketilmektedir. Üretimi çok yaygın olmamakla birlikte, Güney Avrupa, Orta Asya ve Güney Amerika'da yetiştirilmektedir. Dünyadaki ayva üretiminin % 25'i Türkiye'de gerçekleştirilmektedir (Anon, 2008).

Yüksek pektin içeriği ve metabolik yararlarına rağmen çiğ olarak tüketimi çok yaygın olmayan ayvanın alternatif tüketim şekillerinden biri de ayva nektarıdır. Ayva nektarı, ayva meyvesinin dayanıklı ürün haline getirilerek tüketiminin tüm bir yıla yayılmasını sağlanması bakımından ticari olarak önemli bir üründür. Ayva nektarı üretimi sırasında ilk işlem ayva püresi elde etmektir. Daha sonra ayva püresine pompalama, karıştırma ve ısıtma gibi birçok işlemler uygulanmaktadır. Akışkan gıdaların akış özelliklerinin saptanması, uygulanan işlemlerin ve kullanılan ekipmanların tasarımlarının en uygun şekilde yapılması ve ürünün kalite kontrolü açısından yararlıdır (McKenna ve Lyng, 2003). Çeşitli meyve pürelerinin akış özellikleri bir çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Ahmed ve Ramaswamy, 2004; Guerrero ve Alzamora, 1997; Haminiuk ve diğ., 2006; Maceiras ve diğ., 2006; Nindo ve diğ., 2007; Saravacos, 1970) Meyve pürelerinin akış özelliklerine etki eden faktörler, sıcaklık (Maceiras ve diğ., 2007; Saravacos, 1970; Vitali ve Rao, 1984), katı madde konsantrasyonu (Pelegrine ve diğ., 2002), tanecik boyutu (Ahmed, Shivhare ve Raghavan, 2000), pH (Dik ve Özilgen, 1994) ve enzim varlığıdır (Bhattacharya ve Rastogi, 1998).

Literatürde ayva püresinin akış özellikleri ve etkili faktörler konusunda az sayıda çalışma bulunmaktadır (Ramos ve Ibarz, 1998; 2006). Bu çalışmanın amacı, ayva püresinin kimyasal bileşiminin saptanması ve işlenmesi sırasında karşılaşılabilecek sıcaklık, pH ve katı madde konsantrasyonu değişimlerinin ayva püresinin akış özelliklerine etkilerinin incelenmesidir. Akış özellikleri, tepki yüzey metodu ile tasarlanan deney planı ile kontrollü kayma hızı modunda paralel plakalı sensör

kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda ayva püresinin Herschel-Bulkley modeli ile uyumlu olduğu ve psödoplastik davranış gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerde ayva püresinin tiksotropik davranış sergilediği belirlenerek zamana bağlı reolojik özellikleri de incelenmiştir. Sıcaklık artışı ile kıvam katsayısı değerlerinde azalma meydana gelirken tiksotropi değerlerinde yükselme gözlemlenmiştir. Konsantrasyon artışı kıvam katsayısı, akma gerilimi ve tiksotropi değerlerinin yükselmesine sebep olmuştur. pH'nın akma gerilimi üzerinde önemli etkisi olduğu belirlenmiş ve pH 3,5'te akma geriliminin en düşük seviyede olduğu görülmüştür.

## **2. AYVA PÜRESİ**

### **2.1 Ayvanın Tanımı**

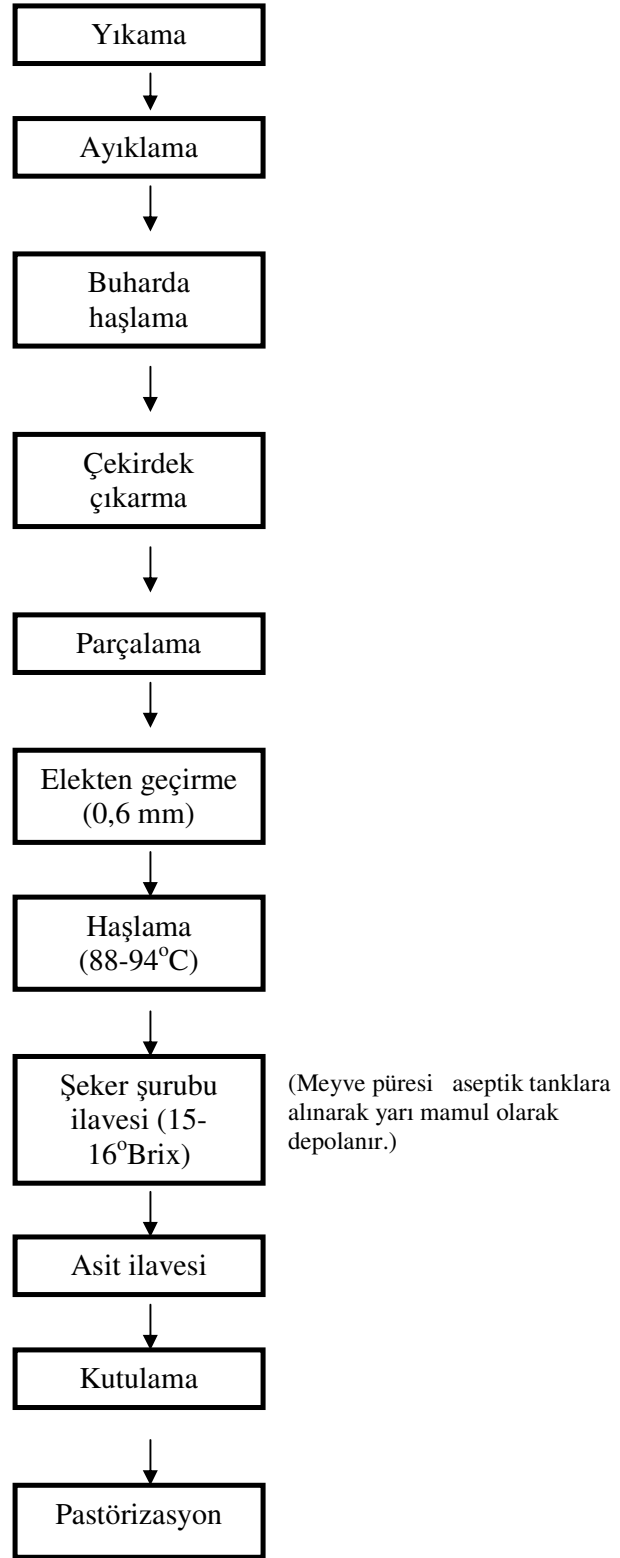
Doğal olarak Asya'nın güneyinde yetişen ve buradan bütün dünyaya yayılan ayva (*Cydonia oblonga*), günümüzde Avrupa'nın güneyi, Afrika, Uzak Doğu, Avusturalya ve Güney Amerika'da yetiştirilmektedir (Brunn, 1963). Ayva üretiminde Türkiye önde gelen ülkeler arasındadır (Kaya ve diğ., 2006). Dünya çapında, 2006 yılı verilerine göre, 381.868 ton üretilen ayvanın 106.214 tonu ülkemizde üretilmektedir (Anon, 2008).

Ayva meyvesi, etli kısmının sert olması ve karakteristik buruk tadı dolayısıyla çiğ olarak tüketimi çok yaygın olan bir meyve değildir. Daha çok işlenmiş olarak meyve likörü, reçel ve pişirilmiş tatlı olarak tüketilmektedir (Shahidi ve Nacz, 2003; Hamauzu ve diğ., 2006).

Yapılan çalışmalarda ayvada yüksek miktarda fenolik bileşen bulunduğu belirtilmektedir (Hamauzu ve diğ., 2006; Silva ve diğ., 2002). Bu bileşenlerin antioksidan etkileriyle gastrointestinal sistem ve dolaşım sistemi için faydalı bulunduğu düşünülmektedir. Ayrıca yüksek miktarda pektin içeriği (% 0,82-1,2) ile ayva meyvesi önemli bir diyet lif kaynağıdır (Çiftçi, 1999).

### **2.2 Ayva Nektarı ve Üretimi**

Yüksek pektin içeriği ve metabolik yararlarına rağmen çiğ olarak tüketimi çok yaygın olmayan ayvanın alternatif tüketim şekillerinden biri de ayva nektarıdır. Meyve nektarları meyvenin etli kısmından hazırlanan meyve püresine belli miktarda şeker şurubu ve asit ilavesiyle elde edilen bir üründür (McLellan ve Zakour, 2005). Bir anlamda sıvı meyve olan meyve nektarları, vitamin, mineral madde, pektin içeriği ve aromatik bileşenleriyle diğer meyve suyu ve içeceklerine oranla beslenme fizyoloji açısından daha yüksek değerleri olan bir üründür (Schobinger, 1988). Nektar üretimi Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1:** Meyve nektarı üretimi akış şeması (Schobinger ve Askar, 1987)

Meyve nektarı, meyve pulpu ve suyundan oluşan bir süspansiyondur. Bu süspansiyonun serum kısmında ise suda çözünen pektin, vitamin, şeker, stabilizatörler, renk ve aroma maddeleri, pulp kısmında suda çözünmeyen pektin ve selüloz bulunur (Schobinger, 1988). Meyve nektarlarının pulp oranı %25-50 arasında değişir. Türk Gıda Kodeksi Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği'ne göre ayva nektarında pulp oranı minimum %50 olmalıdır (Türk Gıda Kodeksi, 2006).

### 3. REOLOJİ

Reoloji, mekanik kuvvetlerin etkisi ile akışkan maddelerde oluşan akış ve deformasyonu inceleyen bir bilim dalıdır (Ibarz ve Barbosa-Cánovas, 2003).

Gıda endüstrisinde, evaporasyon, pastörizasyon, konsantrasyon, pompalama gibi üretim aşamalarının tümünde veya bir kısmında akışkan gıdalarla çalışılmaktadır. Gıdanın, her aşamada maruz kaldığı koşullar karşısındaki fiziksel değişimi ve reolojik davranışlarının bilinmesi, işlem ekipmanlarının uygun özelliklerde seçilmesini ve verimin artırılmasını sağlar (Ibarz ve Barbosa-Cánovas, 2003).

İlerleyen teknolojiyle birlikte gelişen gıda işleme yöntemlerinin en verimli şekilde kullanılması için gıdaların fiziksel özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Maceiras ve diğ., 2006).

#### 3.1 Akışkanların Reolojik Davranışlarına Göre Sınıflandırılması

##### 3.1.1 Newton tipi davranış

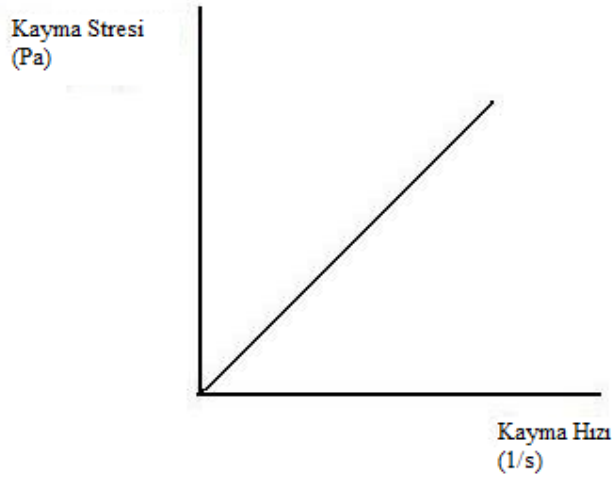
Newton tipi davranışta kayma stresi, kayma hızı ile doğru orantılı olarak değişir ve şu şekilde ifade edilir:

$$\tau = \mu \dot{\gamma}$$

(2.1)

Eşitlikte  $\tau$  kayma stresini (Pa),  $\mu$  viskoziteyi (Pa.s) ve  $\dot{\gamma}$  kayma hızını ( $s^{-1}$ ) göstermektedir.

Düşük molekül ağırlığına sahip bileşenler içeren ya da pektin, protein, nişasta gibi polimer, çözünmüş polimer ve çözünmeyen katı partiküller içermeyen maddeler, tipik Newton tipi davranış gösterirler (Rao, 1999).



**Şekil 3.1:** Newton tipi akışkanlara ait akış eğrisi

Newton tipi gıdalara örnek olarak su, bira, gazlı içecekler, bal, süt ve filtre edilmiş meyve suları verilebilir (Bourne, 1982).

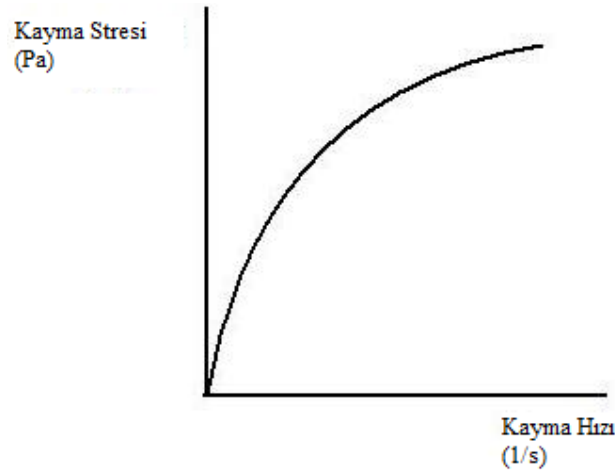
### 3.1.2 Newton tipi olmayan davranışlar

Basit gaz ve sıvılar Newton tipi akışkanlık özelliği gösterebilirler de, emülsiyon, süspansiyon, uzun moleküller içeren çözeltiler ya da yüksek moleküler ağırlığa sahip akışkanlar gibi kompleks sistemlerin akışkanlık davranışları daha karmaşıktır (Ibarz ve Barbosa-Canovas, 2003). Kayma stresinin kayma hızına bağlı olarak lineer değişim göstermediği ve/veya bu ilişki grafiğe oturtulduğunda başlangıç değerleri orijinden geçmediği durumlarda Newton tipi olmayan davranış görülmektedir (Rao, 1999). Bu davranışta sabit bir viskoziteden bahsetmek mümkün olmadığı için, viskozite, kayma hızı-kayma gerilimi kesişim noktalarında farklılık gösteren ‘görünür viskozite’ ( $\eta_a$ ) olarak tanımlanmaktadır.

Newton tipi olmayan akışkanlar, zamana bağımlı ve zamandan bağımsız olmak üzere iki farklı açıdan incelenerek sınıflandırılmaktadırlar (Rao, 1995). Zamandan bağımsız Newton tipi olmayan davranışlarda, akışkanın viskozitesinde meydana gelen değişiklikler, zamandan bağımsız olarak, değişen kayma hızının etkisiyle farklılık gösterirler. Plastik (Bingham), psödoplastik ve dilatant davranışlar zamandan bağımsız Newton tipi olmayan davranışları temsil ederken; tiksotropik ve

repektik (antitiksotropik) davranışlar, Newton tipi olmayan davranışların zamana bağımlı alt gruplarını oluştururlar (Rao, 1999).

Psödoplastik davranış gösteren maddelerde, artan kayma hızı karşısında, görünen viskozitede düşme görülmektedir. Bu düşme zamandan bağımsız olarak geri dönüşümü olan bir değişimdir (Harris, 1977). Gıdalarda yapısal birimlerin, karıştırma işlemi sonucunda oluşan hidrodinamik kuvvetler nedeniyle bozulması sonucunda psödoplastik davranış ortaya çıkmaktadır (Rao, 1999). Newton tipi olmayan bir çok gıda ürünü psödoplastik davranış sergilerler. Bunlara örnek olarak salata sosları ve meyve püreleri verilebilir (Rao, 1999; Ibarz ve Barbosa-Canovas, 2003).



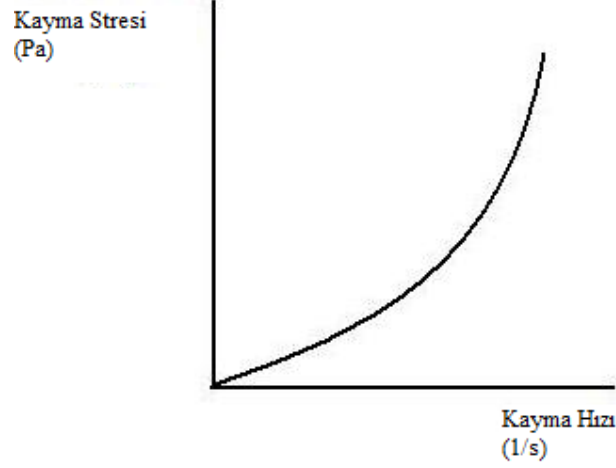
**Şekil 3.2:** Psödoplastik tipi akışkanlara ait akış eğrisi

Dilatant maddeler artan kayma hızıyla birlikte görünen viskozitelerinde artış meydana gelen akışkanlardır (Ramaswamy ve Marcotte, 2006). Bu tip akışkanlara, yüksek sıcaklıklarda nişasta çözeltileri örnek verilebilir (Rao, 1995).

Psödoplastik ve dilatant akışkanlar, üslü yasayla ifade edilirler ve şu eşitlikle modellenirler:

$$\tau = k \dot{\gamma}^n \quad (2.2)$$

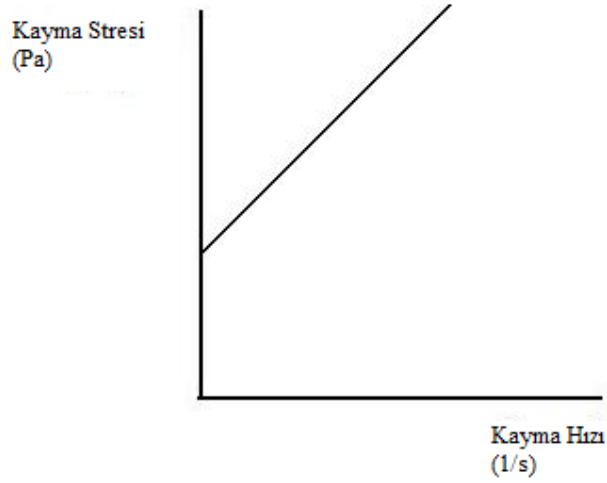
Eşitlikte  $\tau$  kayma stresini (Pa),  $k$  kıvam katsayısını,  $\gamma$  kayma hızını ( $s^{-1}$ ) ve  $n$  akış davranış indeksini göstermektedir (McKenna ve Lyng, 2003). Psödoplastik akışkanlarda  $n$  değeri 0 ile 1 arasında değişirken, dilatant akışkanlarda bu değer 1'den büyüktür (McKenna ve Lyng, 2003).



**Şekil 3.3:** Dilatant tipi akışkanlara ait akış eğrisi

Bazı akışkanlar, uygulanan kayma stresi belirli bir seviyeye gelene kadar katı özellikleri gösterirler. Bu tip akışkanlarda, akışın başlaması için gereken minimum strese akma gerilimi denir (Ramaswamy ve Marcotte, 2006).

Plastik (Bingham) davranışta görünen viskozite, artan kayma hızıyla doğru orantılı olarak azalmaktadır ve madde belirli bir akma gerilimine sahiptir (Ibarz ve Barbosa-Canovas, 2003).



**Şekil 3.4:** Bingham plastik tipi akışkanlara ait akış eğrisi

Bazı psödoplastik akışkanlar da akma gerilimine sahiptirler (Ibarz ve Barbosa-Canovas, 2003). Akma gerilimine sahip akışkanlar Herschel-Bulkley modeli ile ifade edilebilmektedirler:

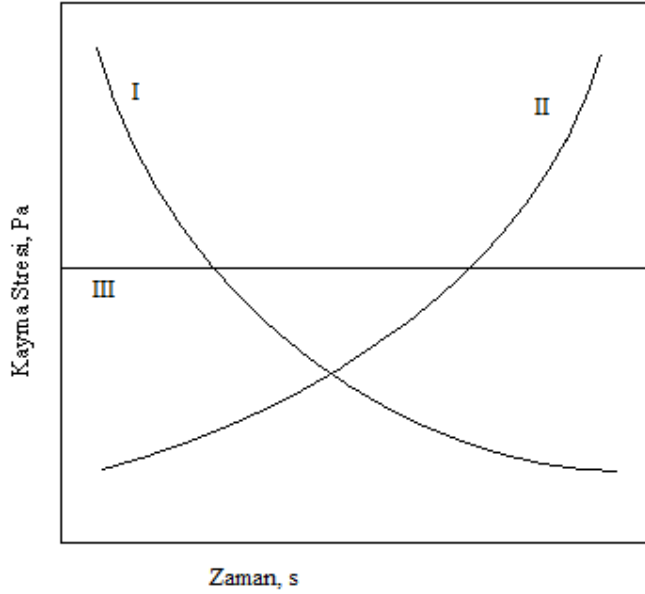
$$\tau = \tau_0 + k (\dot{\gamma})^n \quad (2.3)$$

Eşitlikte  $\tau$  kayma stresini (Pa),  $k$  kıvam katsayısını,  $\dot{\gamma}$  kayma hızını ( $s^{-1}$ ),  $n$  akış davranış indeksini ve  $\tau_0$  akma gerilimini göstermektedir.

Tiksotropik davranış gösteren akışkanlarda, sabit kayma hızında zamana bağlı olarak viskozitede düşme meydana gelmektedir (Rao, 1995). Bu tip akışkanlarda, yapıda bulunan partikül ya da moleküller durgun haldeyken birbirlerine zayıf bağlarla tutunduklarından, karıştırma işlemi uygulandığında bu bağlar kırılarak, akmaya karşı direncin zayıflamasına neden olurlar (Rao, 1999). Bu davranış mayonez ve yumurta akında gözlemlenmiştir (Rao, 1995). Tiksotropi genelde geri dönüşümü olan bir değişimdir ve uygulanan stres kaldırıldığında ürün başlangıçtaki viskozite değerine kavuşur (Barnes, 1997).

Reopektik (antitiksotropik) akışkanlar ise, sabit kayma hızı uygulanırken zamana bağlı olarak viskozitelerinde artış meydana gelen maddeler olarak tanımlanmaktadırlar (Ibarz ve Barbosa-Canovas, 2003). Bu tip davranış şekline

gıdalarda çok sık karşılaşılmassa da, daha hassas ölçümler yapabilen reometrelerin geliştirilmesi ile mısır nişastası gibi bazı ürünlerde gözlemlenmiştir (Rao, 1999). Sabit kayma hızında, tiksotropik, reopektik ve zamandan bağımsız akışkanların davranışları Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.5:** Tiksotropik (I), reopektik (II) ve zamandan bağımsız akışkanlar (III) için sabit kayma hızında kayma stresinin zamanla değişimi

### 3.2 Gıdalarda Reolojik Özelliklerin Önemi ve Ölçülmesi

Akışkan gıda ürünlerinin viskozitesi ve reolojik özellikleri birçok işlemin tasarımı ve uygulanması sırasında yararlanılan önemli özelliklerdir. Bu özelliklerin bilinmesiyle; (a) üretim aşamalarında uygulanan işlemlerin (taşıma, pompalama, ısı aktarımı, evaporasyon, karıştırma, vb.) tasarımı, (b) doğru ekipman tasarımı ile enerji tasarrufu, (c) ara ürün ve son ürün kalite kontrolü, (d) duyusal değerlendirmeler için gerekli verilerin elde edilmesi ve (e) incelenen ürünün yapısının anlaşılması mümkün olmaktadır (Guerrero ve Alzamora, 1997; Krokida ve diğ., 2001; Ahmed ve Ramaswamy, 2005; Ahmed ve diğ., 2005; Nindo ve diğ., 2005).

Gıdaların akış özellikleri üretimin her aşamasında dikkate alınmalıdır. Üretim hattının kurulum aşamasında seçilecek olan borular, ısı değiştiriciler ve karıştırıcılar gibi ekipmanların seçimi sırasında, işlem görecektür ürünün reolojik davranışının bilinmesi en uygun sistemlerin kurulmasını sağlar. Örneğin, pastörizasyon işlemi

sırasında, borulardan akan ürünün akışkanlığı sıcaklık değişiminden etkileniyorsa bu, işlemin etkinliğini de değiştirir. Ürün akışkanlığının sıcaklıkla birlikte artması ürünün pastörizasyon işlemine daha uzun süre maruz kalmasına ve yapısının bozulmasına sebep olabilir. Ürün akışkanlığının azalması ise, ürünün sistem içinde yeterli süre kalmamasına ve yetersiz işlem uygulanmasına yol açabilir (McKenna ve Lyng, 2003).

Reolojik problemler üretimin her alanında karşımıza çıkmaktadır. Özellikle şekerleme ve çikolata sektöründe sıkça kullanılan kaplama işlemi için, akma gerilimi önemli bir reolojik özelliktir. Akma geriliminin istenenden düşük olması, kaplama maddesinin ürüne tutunmasını zorlaştırmaktadır. Yüksek akma gerilimi değerleri ise ince kaplama oluşumuna izin vermemekte ve ekonomik yönden verimli olmamaktadır (McKenna ve Lyng, 2003).

Akış özelliklerinden kalite kontrolü amacıyla da yararlanılmaktadır. Akışkanlık, çikolata ve dondurma gibi ürünlerde bileşim, işlem etkinliği ve ürün sıcaklığı hakkında bilgiler vermektedir. Ketçap gibi bazı son ürünler için de akışkanlık doğrudan bir kalite kontrol parametresidir (McKenna ve Lyng, 2003).

Gıdaların kimyasal ve fiziksel yapılarının kompleks ve değişken olması dolayısıyla viskoziteleri teorik yöntemlerle belirlenememektedir. Bu sebeple deneysel ölçümlerle elde edilen bilgiler doğrultusunda gıdaların reolojik karakterizasyonu yapılmaktadır (Krokida ve diğ., 2001).

Gıda ürünlerinin reolojik özelliklerinin incelenmesi amacıyla yapılan analizlerde, gıdaların kompleks yapılı ürünler olması sebebiyle önlenemeyen bazı hata kaynakları bulunmaktadır. Analizlerde kullanılan cihazın geometrik olarak mükemmel olduğu varsayılmaktadır. Fakat gerçekte bu mümkün değildir. Cihazın yüzeyinde ve geometrisinde bulunan, fark edilemeyecek kadar küçük hatalar özellikle yüksek viskoziteye sahip örneklerin ölçümünü etkilemektedirler (Ibarz ve Barbosa-Cánovas, 2003).

Ölçümde kullanılan sensörün ve örneğin yerleştirildiği haznenin şekline bağlı olarak, örneğin temas ettiği yüzeylerin sınırlı olması hata kaynağı olarak sonuçları etkileyebilmektedir. Bu etki, silindirler arasındaki boşluğun azaltılmasıyla minimuma indirilebilmektedir (Ibarz ve Barbosa-Cánovas, 2003).

Karıştırma sırasında oluşan sürtünmenin etkisi ile örnek sıcaklığı kontrolsüz şekilde yükselebilir. Bu hata özellikle yüksek hızlarda çalışırken daha fazla ortaya çıkmaktadır (Ibarz ve Barbosa-Cánovas, 2003). Özellikle yüksek kayma hızlarında ortaya çıkan türbülans akış da hatalı ölçümlere sebep olmaktadır.

Gıda ürünlerinin reolojik analizinde, örneğin homojen ve stabil olduğu varsayılsa da, kusursuz bir homojenlik mümkün olamayacağından, bu özelliklerine bağlı olarak oluşabilecek hatalar göz önüne alınmalıdır (Ibarz ve Barbosa-Cánovas, 2003). Reolojik ölçüm verileri incelenirken bu hata kaynakları göz önünde bulundurularak yorumlanmalıdır.

### **3.3 Meyve Pürelerinin Reolojik Özelliklerine Etki Eden Faktörler**

Meyve püresinin, meyve nektarı, dondurma ve jöle gibi ürünlerin temel hammaddesi olduğu göz önüne alındığında, meyve pürelerinin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi önemlidir (Pelegre ve diğ., 2002). Meyve püreleri, yüksek pektin ve kolloidal maddeler içermelerinden dolayı karmaşık bir fiziksel yapıya sahiptirler. Literatürde, meyve pürelerinin reolojik özelliklerinin sıcaklık, konsantrasyon, partikül boyutu, pH, enzim ve pektin miktarından etkilendiği bildirilmektedir.

#### **3.3.1 Sıcaklık**

Meyve püresinden meyve nektarı, jöle, marmelat gibi meyve ürünlerinin üretimi sırasında, ısıtma ve karıştırma başlıca işlem aşamalarındandır. Bu nedenle sıcaklığın meyve pürelerinin reolojik davranışlarına etkisinin bilinmesi gereklidir. (Ramaswamy ve Marcotte, 2006).

Sıcaklığın, meyve pürelerinin reolojik özellikleri üzerine etkisi incelenirken, her parametre ile ilişkisi ayrı ayrı incelenmektedir. Bu ilişki, kimyasal yapı ile farklılıklar gösterse de, genelde kıvam katsayısı, viskozite, akma geriliminin sıcaklık ile ters orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir (Ibarz ve Barbosa-Canovas, 2003). Bunun yanında, nişasta içeren gıdalarda, yüksek sıcaklıkta jel meydana geldiğinden, sıcaklık artışıyla birlikte kıvam katsayısının arttığı belirtilmiştir (Tiziani ve Vodovotz, 2005).

Meyve püreleri gibi psödoplastik davranış gösteren gıdalarda yapılan çalışmalarda, düşük akış davranış indeksi değerlerinde sıcaklığın viskozite üzerine etkisinin daha az olduğu gözlemlenmiştir (Rao, 1995).

### **3.3.2 Toplam katı madde konsantrasyonu**

Genel olarak gıdalarda, toplam katı madde konsantrasyonunun artmasıyla birlikte viskozite ve kıvam katsayısı değerlerinde artış meydana gelmektedir (Ibarz ve Barbosa-Canovas, 2003; Rao, 1995). Ayrıca akma gerilimi görülen akışkanlarda, konsantrasyon artışı ile akma geriliminde yükselme meydana gelmektedir (Nindo ve diğ., 2007). Konsantrasyonun belirli bir seviyenin altına düşmesi ile, akma geriliminin de ortadan kalktığı gözlemlenmiştir (Ibarz ve Barbosa-Canovas, 2003).

### **3.3.3 Partikül Boyutu**

Psödoplastik davranış, Newton tipi özellikteki sıvı faz içerisinde katı partikül bulunduran konsantre süspansiyonlarda gözlemlenmektedir (Carreau ve diğ., 2002). Süspansiyon sistemlerde bulunan partiküllerin boyutu, bu sistemlerin reolojik davranışlarını etkileyen önemli faktörlerdir (Rao ve Gaparetto, 2000). Bu etki, partiküller arasında meydana gelen sürtünme ve kimyasal etkileşimlerden dolayı ortaya çıkmaktadır. Partikül boyutunun küçülmesi ile birlikte tanecik sayısı artar ve yüzey alanı genişler. Böylece partiküller arasında etkileşimler artar ve viskozitede, akma geriliminde ve kıvam katsayısında artış görülür (Servais ve diğ., 2001).

### **3.3.4 pH**

Yapılan çalışmalarda, gıdanın kimyasına bağlı olarak, pH değişiminin önemli etkileri olduğu gözlenmiştir. Papaya püresi ile yapılan bir çalışmada, pH'daki artış, kıvam katsayısı değerlerinin yükselmesine neden olurken, akış davranış indeksi ve görünen viskozite değerlerinde azalmaya sebep olmuştur (Ahmed ve Ramaswamy, 2008).

Domates suyunun serum viskozitesi üzerine yapılan bir çalışmada, 3,8-4,9 arasındaki pH artışının tek başına reolojik özellikler üzerine etkisi olmasa da, yüksek sıcaklıklarda pH'nın ve sıcaklığın viskozite üzerindeki etkisinin arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, pektinin nötral pH değerlerinde sıcaklık değişimine daha hassas olması ve daha küçük moleküllere parçalanması olarak gösterilmiştir (Thakur ve diğ., 1997). Guerrero ve Alzamora (1997) tarafından muz püresinin reolojisi üzerine yapılan çalışmada da pH'nın sıcaklık ve konsantrasyon ile sinerjik etki gösterdiği belirlenmiştir.

### 3.3.5 Pektin

Pektin, jelleşme özellikleri dolayısıyla meyve pürelerinin reolojisinde etkili olmaktadır (Haminiuk ve diğ., 2007). Diyet lif grubuna dahil olan pektin, içerisinde bulunduğu sistemde viskoz çözeltiler oluşturur. Pektin içeren gıdalar tüketildiğinde, sindirim sisteminde viskoziteyi ve hacmi arttırarak midede tokluğun uzun süre korunmasını sağlar. Pektik maddeler bu özellikleriyle midedeki asitliği düşürerek, ancak asidik ortamda parçalanabilen lipidlerin sindirilme ve metabolize edilme oranını azaltırlar. Böylece kolesterolün düşürülmesine yardımcı olurlar (Guillon, 2001). Ayrıca ince bağırsakta hacim yaratarak bağırsak hareketlerini ve sindirim hızını kontrol eden pektinin mide-bağırsak sistemi üzerinde düzenleyici etkisi bulunmaktadır (Guillon, 2001).

Pektinin metabolizma üzerindeki fonksiyonel etkilerinin yanı sıra içerisinde bulunduğu gıda sisteminin yapısal özellikleri üzerinde de etkileri bulunmaktadır. Pektik maddelerin jel oluşturma özelliği göz önüne alındığında, pektin özellikle yüksek oranlarda bulundukları meyve pulp ve pürelerinin reolojik özelliklerini etkileyen önemli bileşenlerden biridir (Haminiuk ve diğ., 2007).

Ayva, yüksek metoksilli pektin (DE > %50) içeriği yüksek olan bir meyve çeşididir (Forni ve diğ., 1994). Yüksek metoksilli pektinler şeker içeriği yüksek su bazlı asidik ortamlarda jel oluşturlar. Esterleşme derecesi, pH, sıcaklık ve diğer bileşenler, pektinin çözeltideki reolojik özelliklerini etkileyen parametrelerdir. Genel olarak çözeltideki pektin konsantrasyonu arttıkça viskozitenin lineer olarak arttığı bilinmektedir. Meyve püresi gibi seyreltik olmayan asidik pektin çözeltilerinde viskozitenin, pH ve sıcaklık ile ters orantılı olarak değiştiği bildirilmiştir (Lopes da Silva ve Rao, 2006). Zuritz ve diğ. (2005), katı madde konsantrasyonundaki artışın, sıcaklığın viskozite üzerindeki etkisini arttırdığını gözlemlemişlerdir.

### 3.3.6 Enzim konsantrasyonu

Farklı enzimlerin meyve pürelerinin kimyasal yapılarında neden oldukları değişimler, ürünün reolojik özelliklerini etkilemektedir.  $\alpha$  - Amilaz enzimi üründe bulunan nişastayı parçalamak suretiyle, nişastadan kaynaklanan jel oluşumunu azaltmakta ve ürünün viskozitesinde azalmaya neden olmaktadır (Ahmed ve

Ramaswamy, 2004). Benzer şekilde, pektinaz enziminin meyve püresindeki pektini parçalamakta ve viskozite değerlerinde azalmaya sebep olmaktadır (Bhattacharya ve Rastogi, 1998).

### **3.4 Meyve Ürünlerinin Reolojik Davranışının Belirlenmesi ile İlgili Yapılmış Çalışmalar**

Mango pulpu ile yapılmış bir çalışmada kayma hızı  $0-1000 \text{ s}^{-1}$  arasında değiştirildiğinde kayma stresi  $0-7,4 \text{ Pa}$  değerleri arasında değişmiştir. Çalışmanın sonucunda mango pulpunun akma gerilimine sahip olduğu ve psödoplastik ve tiksotropik davranış gösterdiği belirlenmiştir (Bhattacharya, 1999).

Çilek, böğürtlen ve ahududu pulp karışımlarının reolojik analizi için farklı formülasyonlarda,  $20-60^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklık ve  $0 - 300 \text{ s}^{-1}$  aralığında psödoplastik davranış gösterdiği ve Herschel-Bulkley modeli ile uyum sağladığı belirlenmiştir (Haminiuk ve diğ., 2007).

Pelegrine ve diğ. (2002) tarafından mango ve ananas pulpları üzerine yapılan çalışmada, pulplar santrifujlenerek partiküllerinden ayrılmış ve işlem görmüş ve görmemiş pulpların reolojik karakterizasyonu yapılmıştır. Kontrollü kayma hızında ( $0-871 \text{ s}^{-1}$ ) partikül oranının pulpların kıvam katsayısı üzerine önemli etkileri olduğu belirlenmiştir.

Ahmed ve Ramaswamy (2004) tarafından papaya püresinde yapılmış bir çalışmada, sıcaklık ( $5-65^{\circ}\text{C}$ ), toplam çözünür katı madde ( $10-30^{\circ}\text{Brix}$ ), pH ( $3-7$ ) ve  $\alpha$ -amilaz konsantrasyonunun ( $0,25-1,25 \text{ kg}/100\text{kg}$ ) ürünün reolojik özelliklerine etkileri kontrollü kayma hızında ( $0-300 \text{ s}^{-1}$ ) belirlenmiştir. Çalışma sonucunda papaya püresinin Herschel-Bulkley modeliyle uyumlu reolojik davranış gösterdiği fakat diğer meyve pürelerinden farklı olarak tiksotropik özellik göstermediği gözlemlenmiştir.

Mango pulpunun reolojisi üzerine pektinaz enziminin etkilerinin incelendiği çalışmada, sıcaklık ( $25-60^{\circ}\text{C}$ ), süre ( $30-150$  dakika) ve enzim konsantrasyonu ( $0,005-0,095$ ) değiştirilerek ürünün reolojik özellikleri belirlenmiştir. Kontrollü kayma hızında ( $0-1000 \text{ s}^{-1}$ ) ürünün Herschel-Bulkley modeline uyumlu reolojik davranış gösterdiği belirlenmiş ve uygulanan enzim konsantrasyonu ve/veya

sürensindeki artışın akış davranış indeksi ile doğru, görünen viskozite ile ters orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir (Bhattacharya ve Rastogi, 1998).

Guava pulpunun reolojik davranışının sıcaklığa (10-60°C) bağlı olarak, kontrollü kayma hızında (2,80–70 s<sup>-1</sup>) incelenmiştir. Ürünün psödoplastik davranış gösterdiği belirlenmiş ve sıcaklık artışının görünen viskozitede azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir (Haminiuk ve diğ., 2006).

Guerrero ve Alzamora (1997, 1998), muz, şeftali, papaya ve mango pürelerinin zamandan bağımsız reolojik özelliklerinin, pH, sıcaklık ve konsantrasyon karşısındaki değişimlerini incelemişlerdir. Ürünlerin reolojik davranışları Herschel-Bulkley modeli ile tanımlanırken, sıcaklığın akma gerilimi üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Yabamersini meyvesinin reolojik özellikleri, 100-1000 s<sup>-1</sup> kayma hızı değerleri arasında incelenmiş ve sıcaklıkla konsantrasyonun etkileri araştırılmıştır (Nindo ve diğ., 2007). Çalışmada, 25°C’de toplam çözünür katı madde konsantrasyonunun artmasıyla görünür viskozitede artış gözlemlenmiştir. Aynı etki 60°C sıcaklıkta yapılan analizde de gözlemlenirken, viskozitedeki artış miktarının 60°C’ye göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Literatürde ayva püresinin reolojik özellikleri ile ilgili iki farklı çalışmaya rastlanmıştır. İlk çalışmada, ayva püresinin 12,3 ve 28 °Brix arasında değişen beş farklı konsantrasyonda ve 7,2 ile 57,6 s<sup>-1</sup> arasında değişen dört farklı sabit kayma hızında zamana bağlı reolojik özellikleri incelenmiş ve tiksotropik olduğu belirlenmiştir (Ramos ve Ibarz, 1998). Diğer bir çalışmada ise, ayva püresinin viskoelastik özellikleri, 12,3–28 °Brix arasındaki farklı konsantrasyonlarda incelenmiştir. Analiz 0,1–100 Hz frekans aralığında yürütülmüş ve 28°Brix konsantrasyonda yarı katı özellik gösteren ayva püresinin 24°Brix ve daha düşük konsantrasyonlarda yarı sıvı özellik gösterdiği sonucu elde edilmiştir (Ramos ve Ibarz, 2006).

Meyve ürünlerinde işlem parametrelerinin yanı sıra uygulanan farklı proseslerin ya da formüle eklenen yeni bileşenlerin de ürünün reolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmektedir. Tiziani ve Vodovotz (2005) tarafından soya proteini ilavesinin domates suyunun reolojik özellikleri üzerine etkisi ve Hernandez ve diğ. (1995) tarafından buharlaştırma ve ultrafiltrasyon işlemlerinin portakal suyunun reolojisi

üzerine etkileri araştırılmıştır. Akdoğan ve McHugh (1999) ekstrüzyon sırasında sıcaklık, nem ve kayma hızının şeftali püresinin reolojik özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir.

Reolojik özellikleri etkilemesi muhtemel parametrelerden biri olan basınç ise avokado püresi üzerinde araştırılmıştır (Munizaga ve diğ., 2005). Uygulanan UHP (Ultra High Pressure) işleminin, avokado püresinin akış özelliklerini istatistiksel olarak önemli derecede değiştirmedeği gözlemlenmiştir (Munizaga ve diğ., 2005).

## **4. MATERİYAL VE METOT**

### **4.1 Materyal**

Bu çalışmada kullanılan ayva püresi DİMES (Dimes Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş., Tokat) meyve suyu fabrikasından temin edilmiştir. Ürün 5 litrelik steril şişelerde gelmiş ve laboratuarda 500 g'lık numunelere ayrılarak plastik kaplarda - 18°C'de saklanmıştır (Perona, 2000).

### **4.2 Ayva Püresi Karakterizasyonu**

Ayva püresinin genel karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla nem, toplam çözünür katı madde (°Brix), pH, kül, toplam asitlik (% sitrik asit), alkolde çözünmeyen katı madde, pektin ve protein analizleri yapılmıştır.

#### **4.2.1 Nem tayini**

Önceden 135°C'de 2 saat süreyle etüvde kurutulan cam petrilere, 3'er gram ürün tartılarak 70°C'de sabit tartıma gelinceye dek kurutulmuştur. Analiz 3 paralelli olarak yapılmıştır (AOAC, 2000)

#### **4.2.2 Çözünür katı madde tayini**

Analiz için kullanılan ayva püresi örneği, öncelikle etüvde 20°C 'de 1 saat bekletilerek analiz için öngörülen sıcaklığa getirilmiştir. Örnek tanecikli yapısı nedeniyle önce 30 dakika 5000 rpm'de santrifujlenerek (NÜVE NF 615) serum ayrılması sağlanmıştır. Üstte kalan serumun çözünür katı maddesi refraktometre ile (RL3-PZ0) ölçülmüştür (AOAC, 2000). Analiz 4 paralelli olarak yapılmıştır.

#### **4.2.3 pH tayini**

Örnek öncelikle etüvde 25°C 'de 1saat bekletilerek analiz için öngörülen sıcaklığa getirilmiştir. Kalibre edilmiş pH metre (Jenway 3010) ile ölçümler yapılarak kaydedilmiştir (AOAC, 2000). Analiz 4 paralelli olarak yapılmıştır.

#### **4.2.4 Kül tayini**

Kül tayini için 5 g örnek sabit tartıma getirilmiş porselen krozeyle tartıldıktan sonra üzerine 2-3 mL etanol dökülerek bek alevinde yakılmıştır. 400 °C'ye ayarlanmış kül fırınında, fırının kapağı açık 30 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda fırın kapağı yarıya kadar kapatılmış ve sıcaklık 435 °C'ye yükseltilerek 30 dakika bekletilmiştir. Ardından kapak tamamen kapatılarak sıcaklık 480 °C'ye ayarlanmış ve yakma işlemi 16 saat süresince devam etmiştir. Yakma işlemi bittiğinde krozeler desikatörde soğumaya bırakılmış ve ardından tartım alınmıştır. Analiz 3 paralelli olarak yapılmıştır (AOAC, 2000).

#### **4.2.5 Toplam asitlik tayini**

Toplam asitlik tayini için 25 g ayva püresi 250 ml hacmine distile su ile tamamlandıktan sonra filtre kağıdından süzümüştür. Filtrattan alınan 25 ml örnek, 2 damla fenolftalein indikatörü eklenerek 0.1N NaOH ile titre edilmiş ve sarf edilen NaOH üzerinden sonuçlar elde edilmiştir (AOAC, 2000). Sonuçlar sitrik asit faktörü (0,007009 g/mL) ile çarpılarak hesaplanmıştır. Analiz 3 paralelli olarak yapılmıştır.

#### **4.2.6 Alkolde çözünmeyen katı madde tayini**

Alkolde çözünmeyen katı madde miktarı (AIS) tayini için 15 gram ayva püresi üzerine 80mL % 96'lık etanol eklenerek 20 dakika süreyle 70°C'ye ayarlanmış karıştırıcılı su banyosunda bekletilmiştir. 0°C'ye ayarlanmış su banyosunda soğutulan örnek, filtre kağıdından vakum yardımıyla süzülerek ekstraksiyon işlemi üstte kalan posa ile tekrarlanmıştır. Filtrasyon işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen posa 35°C sıcaklıkta 24 saat süre ile etüvde kurutulmuştur. Süre sonunda ölçülen kalıntı, alkolde çözünmeyen katı madde miktarını olarak kaydedilmiştir (Günes ve diğ.,2001; Haminiuk ve diğ., 2006). Analiz 2 paralelli olarak yapılmıştır.

#### **4.2.7 Pektin tayini**

Asitte çözünen pektin tayini için, alkolde çözünmeyen katı maddeler suda çözündürülüp süzüldükten sonra, kalan çökeltiye asitli su eklenmiş ve pH'sı 1,5'e ayarlanarak 85°C'de 1 saat ekstrakte edilmiştir. Soğutulan çözeltinin pH'sı 3,5 ayarlandıktan sonra süzümüş ve süzüntüye alkol eklenerek pektinin çökmesi sağlanmıştır. Çöktürülen pektin filtre kağıdından süzümüş, kurutulduktan sonra tartılmış ve alkolde çözünmeyen katı maddelerin yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

Suda çözünen pektin tayini için, alkolde çözünmeyen katı maddeler suda çözündürülüp süzildükten sonra, süzüntü 30 dk 5000 rpm’de santrifuj edilmiş ve su fazına alkol ilave ederek pektin çöktürülmüş, daha sonra süzülüp kurutulmuş ve tartılmıştır (Haminiuk ve diğ., 2006). Analiz 2 paralelli olarak yapılmıştır.

#### **4.2.8 Protein tayini**

Protein tayini için Kjeldahl yöntemi kullanılmış ve protein miktarı, titrasyon değeri 6,25 ile çarpılarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000). Deney 3 paralelli yapılmıştır.

### **4.3 Reolojik Özelliklerin Analizi**

#### **4.3.1 Örnek hazırlama**

Analize başlamadan önce, dondurularak saklanan ayva püresi örneğinden uygun miktar numune çözündürülerek sıcaklığı oda sıcaklığına getirilmiş ve test örnekleri bu çözündürülmüş püreden hazırlanarak bekletilmeden aynı gün kullanılmıştır.

Toplam katı madde konsantrasyonu, püreye uygun miktarda saf su ilavesi ile %10, %14, ve %18’e ayarlanmıştır (Perona, 2003). Bunun için, çözündürüldükten sonra oda sıcaklığına ısıtılmış 50 g püreye, hesaplanan miktarda su ilave edilmiş, homojen olması için 2 dk. cam çubukla karıştırılmış ve buharlaşmanın engellenmesi için kabın ağzı plastik film ile kapatılmıştır. Test örneklerinin pH ayarı için analitik saflıkta sitrik asit (MERCK 1.00244) ve sodyum hidroksit (MERCK 1.06498) kullanılmıştır (Ahmed ve Ramaswamy, 2004).

#### **4.3.2 Deney tasarımı**

Deney tasarımının hazırlanması için tepki yüzey metodu kullanılmıştır. Tepki yüzey metodu, değişen parametreler karşısında, bağımlı değişkenin verdiği tepkilerin istatistiksel olarak analiz edilmesi ile optimum koşulların bulunmasını sağlayan deneysel bir modelleme yöntemidir (Ahmed ve Ramaswamy, 2004).

Tepki yüzey metodu, meyve pürelerinin reolojik özelliklerinin modellenmesi için sıkça kullanılan bir yöntemdir (Ahmed ve Ramaswamy, 2004; Haminiuk ve diğ., 2007) Bu yöntem sayesinde bir çok ürün ya da proses parametresinin, reolojik özellikler üzerine etkisi incelenerek, birbirleriyle olan etkileşimleri ortaya konulmaktadır (Haminiuk ve diğ., 2007). Deney tasarımının oluşturulmasında ve elde edilen verilerin analizinde MINITAB (R14.11) kullanılmıştır. Merkezi komposit tasarımı ile 3 faktör (sıcaklık, pH, konsantrasyon) için sınır değerlere göre

üç düzey belirlenmiştir. Alfa değeri 1,000 olarak seçilmiş ve denemeler üç blokta olacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarım, merkez nokta 6 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır (Tablo 4.2). Her blokta 2 merkez nokta yer almıştır. Bağımsız değişkenlerin (konsantrasyon, pH ve sıcaklık) alt ve üst sınır değerleri, ayva nektarı üretiminde kullanılan pürenin maruz kalacağı işlemler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenlerin 3 seviyesi ve bu değerlerin kodları Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Deney tasarımı Tablo 4.2’de verilmiştir. Her deney seti için kıvam katsayısı, akış davranış indeksi, akma gerilimi ve tiksotropi hesaplanmıştır.

Denemeler 2 paralelli olarak yapılmıştır.

**Tablo 4.1:** Bağımsız değişkenlerin seviyeleri ve kodları

| Bağımsız Değişkenler | Birim   | Sembol         | Kodlar |     |     |
|----------------------|---------|----------------|--------|-----|-----|
|                      |         |                | -1     | 0   | +1  |
| Sıcaklık             | °C      | X <sub>1</sub> | 25     | 50  | 75  |
| pH                   |         | X <sub>2</sub> | 3,0    | 3,5 | 3,6 |
| Konsantrasyon        | % (w/w) | X <sub>3</sub> | 10     | 14  | 18  |

**Tablo 4.2:** Merkezi Kompozit Deney Tasarımı

| İşlem sırası | Blok | Sıcaklık (°C) (X <sub>1</sub> ) | pH (X <sub>2</sub> ) | Konsantrasyon(%) (X <sub>3</sub> ) |
|--------------|------|---------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 1            | 2    | 25                              | 4                    | 10                                 |
| 2            | 2    | 25                              | 3                    | 18                                 |
| 3            | 2    | 75                              | 4                    | 18                                 |
| 4            | 2    | 50                              | 3,5                  | 14                                 |
| 5            | 2    | 50                              | 3,5                  | 14                                 |
| 6            | 2    | 75                              | 3                    | 10                                 |
| 7            | 1    | 50                              | 3,5                  | 14                                 |
| 8            | 1    | 75                              | 3                    | 18                                 |
| 9            | 1    | 50                              | 3,5                  | 14                                 |
| 10           | 1    | 25                              | 3                    | 10                                 |
| 11           | 1    | 75                              | 4                    | 10                                 |
| 12           | 1    | 25                              | 4                    | 18                                 |
| 13           | 3    | 50                              | 3                    | 14                                 |
| 14           | 3    | 25                              | 3,5                  | 14                                 |
| 15           | 3    | 50                              | 3,5                  | 18                                 |
| 16           | 3    | 50                              | 3,5                  | 14                                 |
| 17           | 3    | 50                              | 3,5                  | 14                                 |
| 18           | 3    | 50                              | 4                    | 14                                 |
| 19           | 3    | 50                              | 3,5                  | 10                                 |
| 20           | 3    | 75                              | 3,5                  | 14                                 |

#### 4.3.3 Reolojik Ölçüm Metodu

Reolojik ölçümler reometre (RheoStress 1, Haake, Almanya) ve paralel plakalı sensör (PP35Ti, Haake, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Ürünün partiküllü yapısı sebebiyle paralel plakalı sensör tercih edilmiştir. İki plaka arasındaki açıklık 1 mm'dir. Analizde üretici firma tarafından sensör için tavsiye edildiği gibi 1 mL örnek kullanılmıştır. Reolojik ölçümler kontrollü kayma hızı modunda yapılmıştır.

Ayva püresine benzer ürünlerde yapılan reolojik ölçümlerde, yüksek konsantrasyonlu örneklerde, yüksek kayma hızında, örnekte stabilitenin sağlanamadığı ve topaklaşma sebebiyle doğru ölçümler alınamadığı bildirilmektedir (Nindo ve diğ., 2007; Perona, 2003). Ayva püresinde yapılan ön denemeler sonucunda  $300 \text{ s}^{-1}$ 'den daha yüksek kayma hızı uygulandığında örneğin sensörden kayarak konumunu koruyamadığı ve doğru ölçümler alınamadığı görülmüştür. Bu nedenle uygulanacak en yüksek kayma hızı  $300 \text{ s}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Ahmed ve Ramaswamy, 2004). Her analiz öncesinde, örnek sensöre yerleştirilirken yapısında meydana gelebilecek değişimlerin giderilmesi ve örneğin orjinal haline dönüştürülmesi amacıyla, ölçüm başlamadan önce örnek 5 dakika bekletilmiştir (Guerrero ve Alzamora, 1997; Köksoy ve Kılıç, 2003). Yapılan ölçümler sırasında örneğin kurummasını engellemek amacıyla, örnek plakalar arasına yerleştirildikten sonra, açıkta kalan kenar yüzeyi sıvı parafinle kaplanmıştır (Meng ve Ma, 2002). Kayma hızı  $0 \text{ s}^{-1}$ 'den  $300 \text{ s}^{-1}$ 'e 6 dk'da lineer olarak arttırılmış ve sonra  $300 \text{ s}^{-1}$ 'den  $0 \text{ s}^{-1}$ 'e 6 dk'da lineer olarak düşürülmüş ve karşılık gelen kayma stresi ölçülmüştür. Analizde 6 saniye aralıklarla toplam 120 veri alınmıştır. Oluşturulan akış diyagramından zamandan bağımsız reolojik özelliklerin elde edilmesi amaçlandığından, kayma stresi-kayma hızı grafiğinde histerisis halkası görülen, tiksotropi gösteren, örneklerde bu halka yok edilene kadar ölçüm tekrar edilmiştir (Guerrero ve Almazora, 1997). Yapılan reolojik ölçümlerin sonucunda elde edilen veriler, SPSS programı (15.0) kullanılarak doğrusal olmayan regresyon analizi kullanılarak uygun reolojik modele uyarlanmış ve kıvam katsayısı, akış davranış indeksi ve akma gerilimi değerleri hesaplanmıştır. Örneklerdeki tiksotropi, kayma stresi-kayma hızı grafiklerinde gözlenen histerisis halkasının alanı reometre yazılımı (RheoWin) ile hesaplanarak belirlenmiştir.

Ayrıca örneklerin zamana bağımlı akış özelliklerinin belirlenmesi için Juszcak ve diğ.'nin (2004) kullandığı yöntem uygulanarak  $100 \text{ s}^{-1}$  sabit kayma hızında 1 saat süreyle viskozite ölçülmüştür. Bu ölçümlerde 360 veri alınmıştır.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 5.1 Ayva Püresinin Kimyasal ve Fiziksel Karakterizasyonu

Karakterizasyon analizi sonucunda elde edilen veriler Tablo 5.1’de verilmiştir.

**Tablo 5.1:** Ayva püresinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

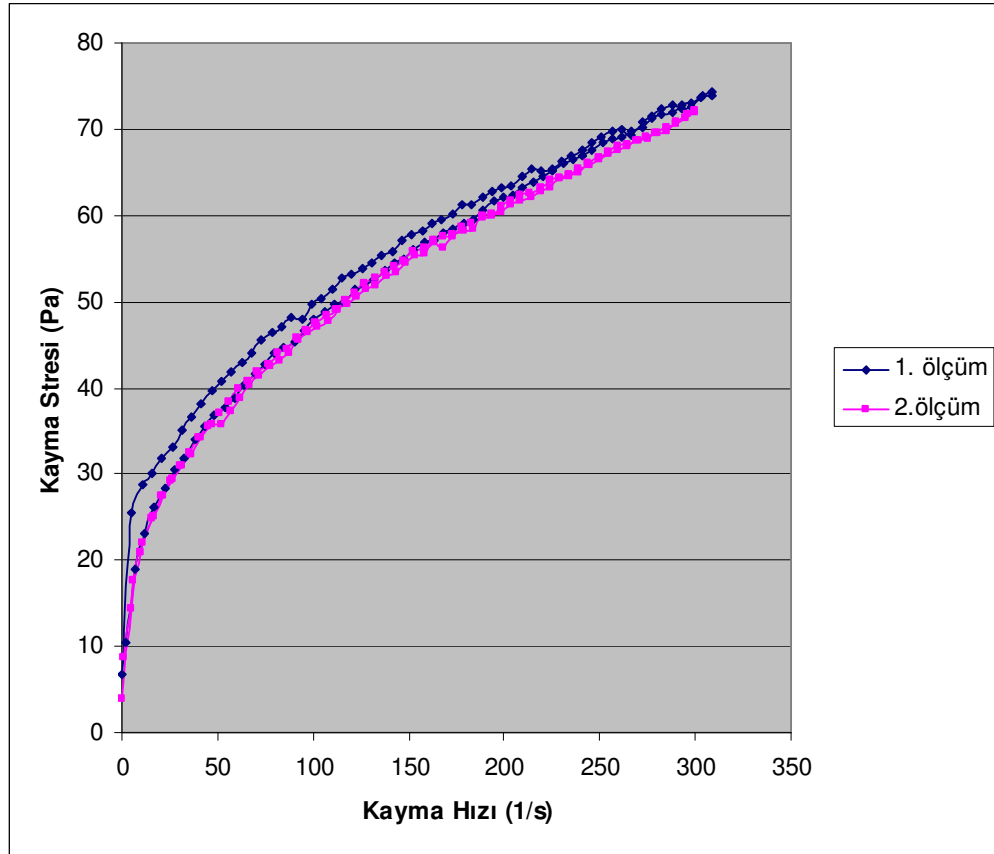
|                                                 |                    |             |
|-------------------------------------------------|--------------------|-------------|
| Toplam katı madde(%)                            |                    | 19,3±0,8    |
| Çözünür katı madde (°Brix)                      |                    | 15,4±0,4    |
| pH                                              |                    | 3,6±0,05    |
| Kül (%)                                         |                    | 0,32±0,05   |
| Protein (%)                                     |                    | 0,46±0,09   |
| Alkolde çözünmeyen katı madde (%)               |                    | 5,9±0,3     |
| Toplam asitlik (sitrik asit cinsinden, g/100 g) |                    | 1,0627±0,08 |
| Pektin                                          | Suda çözünen (%)   | 1,4±0,3     |
|                                                 | Asitte çözünen (%) | 0,6±0,2     |

Elde edilen bulgular ayvanın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile de uyumludur (USDA, 2008). Genel olarak suda çözünen pektin düşük, asitte çözünen pektin yüksek molekül ağırlığına sahip olan pektindir. Pektin, jelleşme özellikleri dolayısıyla meyve pürelerinin reolojisinde etkili olmaktadır (Haminiuk ve diğ., 2007). Molekül ağırlığı yanında esterleşme derecesi, pH, sıcaklık ve diğer bileşenler, pektinin çözeltideki reolojik özelliklerini etkileyen parametrelerdir (Wang ve diğ., 2002).

## 5.2 Ayva Püresinin Reolojik Özellikleri

### 5.2.1 Zamandan Bağımsız Reolojik Özellikler

Ayva püresi, kayma stresinin kayma hızı yükseldikçe arttığı psödoplastik davranış göstermiştir (Şekil 5.1) Ayva püresi örneklerinin kayma stresi-kayma hızı grafiğinde histerisis halkası olduğu gözlenmiştir. Bu halka akış davranışının zamana bağımlı olduğunu göstermektedir. Modelleme, histerisis halkası yok edilerek zamana bağımlılığın giderildiği ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak yapılmıştır.



**Şekil 5.1:** Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50°C sıcaklıkta 1. ölçüm ve 2. ölçüm akış eğrileri.

Meyve pürelerinin reolojik davranışının belirlenmesi için Herschel-Bulkley modeli (Eşitlik 5.1) önerilmektedir (Ahmed ve Ramaswamy, 2004; Bhattacharya ve Rastogi, 1998; Haminiuk ve diğ., 2007). Ayva püresi için de Herschel-Bulkley

modeli artık analizine ve korelasyon katsayısı değerlerine ( $R^2 \geq 0,997$ ) göre istatistiksel olarak uygun bulunmuştur (Şekil 5.2)

$$\tau = \tau_o + k (\gamma)^n \quad (5.1)$$

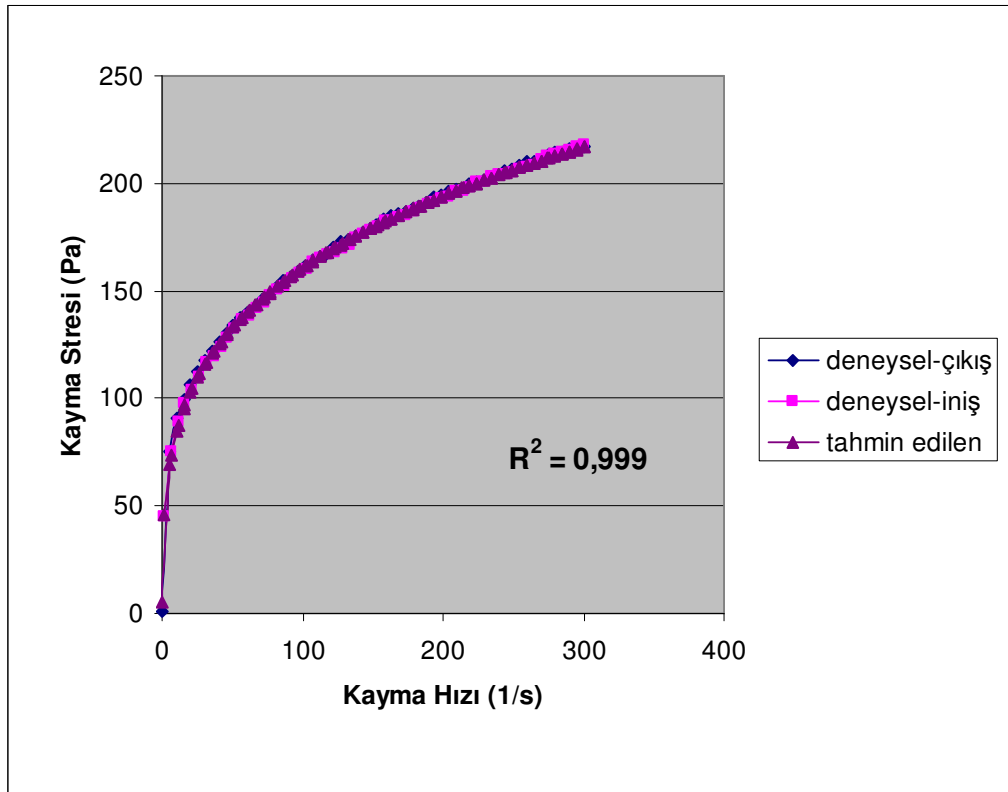
$\tau$  : kayma stresi

$\gamma$  : kayma hızı

$k$  : kıvam katsayısı

$\tau_o$  : akma gerilimi

$n$  : akış davranış indeksi



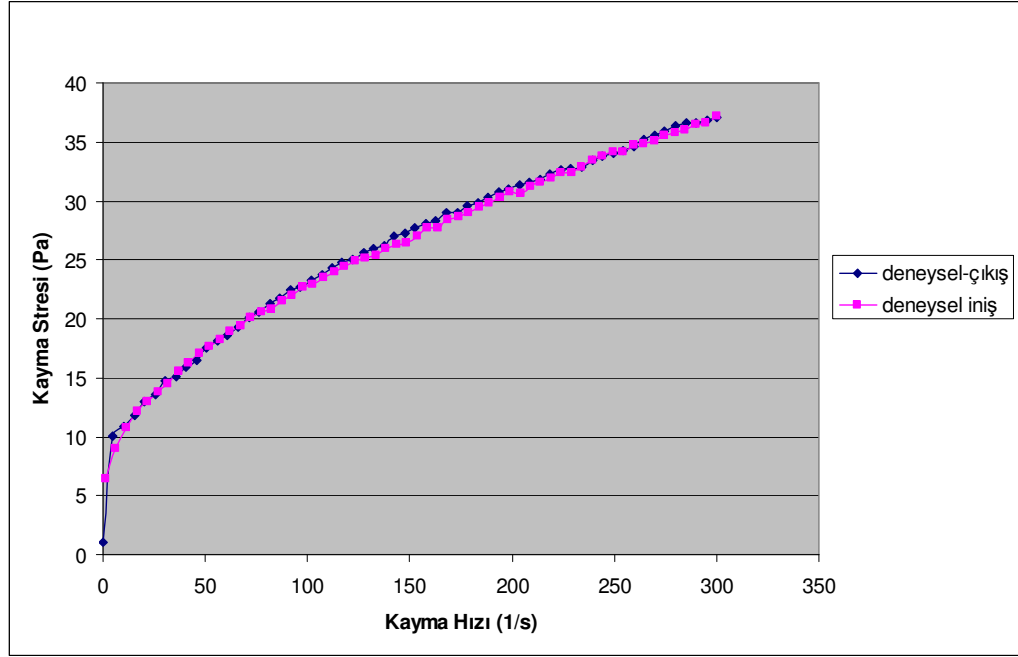
**Şekil 5.2:** Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıkta deneysel veriler ve Herschel- Bulkley modeli ile elde edilen akış eğrileri.

Doğrusal olmayan regresyon analizi ile ayva püresinin Herschel- Bulkley modeline göre kıvam katsayısı ( $k$ ), akış davranış indeksi ( $n$ ), ve akma gerilimi ( $\tau_o$ ) değerleri elde edilmiştir (Tablo 5.2). Akış davranış indeksi değerlerinin 1'den küçük olması,

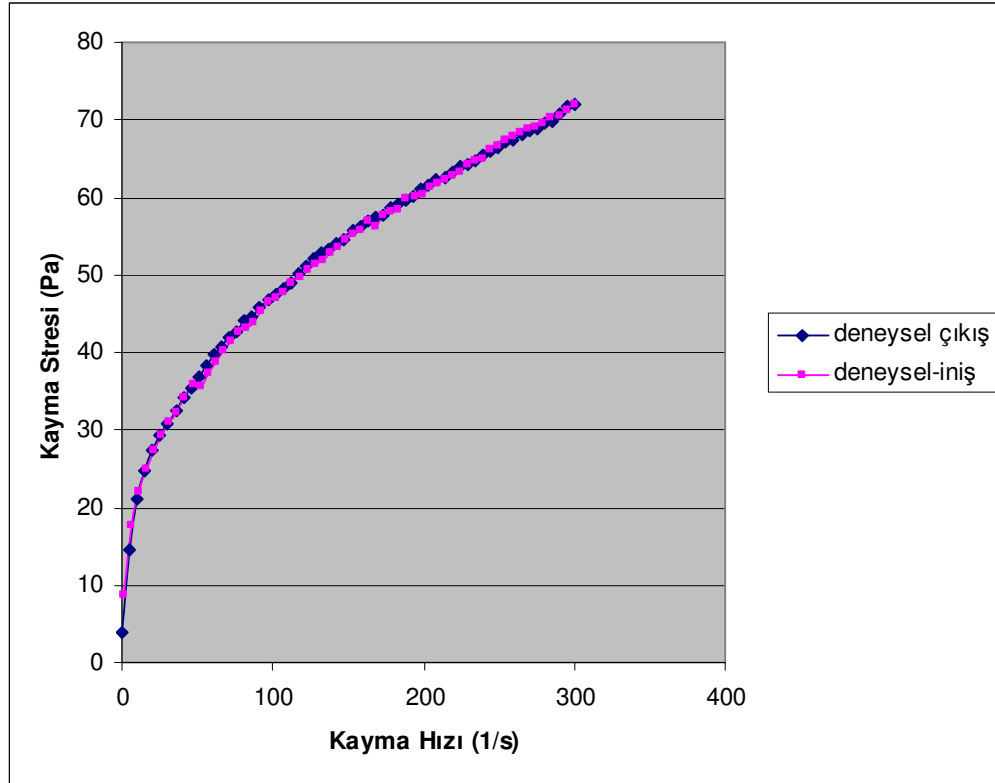
ayva püresinin psödoplastik bir akışkan olduğunu göstermektedir (Tablo 5.2). Bu davranış biçimi, kayma stresi-kayma hızı grafiklerinden de açıkça görülmektedir (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4).

**Tablo 5.2:** Herschel-Bulkley modeline uygun olarak tiksotropi yok edildikten sonra elde edilen kıvam katsayısı (k), akış davranış indeksi (n), ve akma gerilimi ( $\tau_0$ ) değerleri

| <b>T (°C) (X1)</b> | <b>pH (X2)</b> | <b>C (%) (X3)</b> | <b>k (Pa.s<sup>n</sup>) (Y1)</b> | <b>n (Y2)</b> | <b><math>\tau_0</math> (Pa) (Y3)</b> |
|--------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| 25                 | 4              | 10                | 2,0                              | 0,50          | 4,4                                  |
| 25                 | 3              | 18                | 34,1                             | 0,31          | 23,7                                 |
| 75                 | 4              | 18                | 10,9                             | 0,43          | 17,1                                 |
| 50                 | 3,5            | 14                | 5,4                              | 0,44          | 7,6                                  |
| 50                 | 3,5            | 14                | 5,4                              | 0,45          | 9,0                                  |
| 75                 | 3              | 10                | 0,9                              | 0,53          | 4,1                                  |
| 50                 | 3,5            | 14                | 5,0                              | 0,45          | 8,6                                  |
| 75                 | 3              | 18                | 9,0                              | 0,47          | 14,8                                 |
| 50                 | 3,5            | 14                | 5,0                              | 0,45          | 9,0                                  |
| 25                 | 3              | 10                | 1,7                              | 0,52          | 5,0                                  |
| 75                 | 4              | 10                | 0,6                              | 0,59          | 5,3                                  |
| 25                 | 4              | 18                | 37,8                             | 0,30          | 16,2                                 |
| 50                 | 3              | 14                | 4,1                              | 0,47          | 12,0                                 |
| 25                 | 3,5            | 14                | 13,3                             | 0,35          | 8,0                                  |
| 50                 | 3,5            | 18                | 20,5                             | 0,37          | 9,7                                  |
| 50                 | 3,5            | 14                | 5,3                              | 0,46          | 10,7                                 |
| 50                 | 3,5            | 14                | 7,8                              | 0,41          | 6,5                                  |
| 50                 | 4              | 14                | 6,4                              | 0,42          | 9,3                                  |
| 50                 | 3,5            | 10                | 1,1                              | 0,53          | 3,1                                  |
| 75                 | 3,5            | 14                | 2,4                              | 0,49          | 10,1                                 |



**Şekil 5.3:** Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıkta deneysel veriler ve Herschel- Bulkley modeli ile elde edilen akış eğrileri.



**Şekil 5.4:** Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıkta deneysel veriler ve Herschel- Bulkley modeli ile elde edilen akış eğrileri.

Elde edilen bulgular daha önce yapılan çalışmalarla Tablo 5.3'te karşılaştırılmıştır. Meyve pürelerinin kıvam katsayısı ve akma gerilimi, değişen sıcaklık ve konsantrasyon ile büyük farklılıklar gösterirken, akış davranış indeksi 0,26-0,85 değerleri arasında kalmıştır. Akış davranış indeksinin 1'den küçük olması meyve pürelerinin psödoplastik akış özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Ayva püresi için hesaplanan akış davranış indeksi literatür verileriyle uyumludur.

**Tablo 5.3:** Bazı meyve pürelerinin Herschel-Bulkley model parametreleri

|                    | Sıcaklık (°C) | Konsantrasyon        | Kıvam katsayısı (Pa s <sup>n</sup> ) | Akış indeksi | Akma gerilimi (Pa) | Kayma hızı (1/s) | Kaynak                     |
|--------------------|---------------|----------------------|--------------------------------------|--------------|--------------------|------------------|----------------------------|
| <b>Mango</b>       | 10-55         | 13,0-51,1 °Brix      | 0,3-3,4                              | 0,43-0,78    | 4,4-22,5           | 0-300            | Guerrero ve Alzamora, 1998 |
| <b>Ahududu</b>     | 20-40         | -                    | 1,98-4,27                            | 0,36-0,39    | 1,99-3,53          | 17,8-445         | Maceiras ve diğ., 2007     |
| <b>Yabamersini</b> | 25-60         | 10-25 °Brix          | 0,07-7,2                             | 0,64-0,49    | 0,72-41,25         | 10-1000          | Nindo ve diğ., 2007        |
| <b>Çilek</b>       | 20-40         | -                    | 5,35-5,77                            | 0,261-0,265  | 2,7-5,1            | 17,8-445         | Maceiras ve diğ., 2007     |
| <b>Şeftali</b>     | 10-55         | 8,8-51 °Brix         | 0,060-0,75                           | 0,51-0,70    | 2,0-4,4            | 0-300            | Guerrero ve Alzamora, 1998 |
| <b>Erik</b>        | 20-40         | -                    | 4,29-6,61                            | 0,30-0,32    | 1,77-3,8           | 17,8-445         | Maceiras ve diğ., 2007     |
| <b>Papaya</b>      | 5-65          | 10-30 °Brix          | 0,17-1,07                            | 0,58-0,85    | 6,18-36,0          | 0-300            | Ahmed ve Ramaswamy, 2004   |
| <b>Muz</b>         | 10-55         | 21,4-50,9 °Brix      | 0,30-9,2                             | 0,41-0,63    | 4,0-32,5           | 0-300            | Guerrero ve Alzamora, 1997 |
| <b>Elma</b>        | 25            | 18,2 (% katı madde)  | 20,2                                 | 0,4          | -                  | 100-2000         | Barbosa-Canovas, 1983      |
| <b>Ayva</b>        | 25-75         | 10-18 (% katı madde) | 0,6-37,8                             | 0,30-0,58    | 3,08-23,74         | 0-300            | Bu çalışma                 |

### 5.2.2 Sıcaklık, pH ve Konsantrasyonun Reolojik Özellikler Üzerine Etkileri

Ayva püresinde üretim koşullarının, reolojik özelliklere etkisini belirlemek için, reolojik ölçümlerin ilk çıkış eğrileri kullanılmıştır. Böylece, üretim esnasında karşılaşılabilecek akma gerilimi ve tiksotropi değerleri göz önüne alınmıştır. Regresyon analizi ile elde edilen, kıvam katsayısı (k), akış davranış indeksi (n), ve akma gerilimi ( $\tau_0$ ) değerleri tepki yüzey yöntemi ile değerlendirilmiş ve sıcaklık, pH ve konsantrasyon değişimlerinin bu özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir (Tablo 5.4 ve Tablo 5.6). Tablo 5.5’de ise kıvam katsayısı, akış davranış indeksi, akma gerilimi ve tiksotropi için varyans analiz tablosu verilmiştir. Analizlerde istatistiksel önem düzeyi olarak 0,05 kullanılmıştır. Kıvam katsayısı, akma gerilimi ve tiksotropi değerleri için istatistiksel analiz sonucunda elde edilen modeller Eşitlik 5.2-5.5’de verilmiştir.

**Tablo 5.4:** Herschel-Bulkley modeline göre tiksotropi yok edilmeden önceki çıkış eğrisinden elde edilen kıvam katsayısı (k), akış davranış indeksi (n), ve akma gerilimi ( $\tau_0$ ) değerleri.

| T (°C) (X1) | pH (X2) | C (%) (X3) | k (Pa.s <sup>n</sup> ) (Y1) | n (Y2) | $\tau_0$ (Pa) (Y3) |
|-------------|---------|------------|-----------------------------|--------|--------------------|
| 25          | 4       | 10         | 2,2                         | 0,49   | 3,6                |
| 25          | 3       | 18         | 18,8                        | 0,38   | 71,2               |
| 75          | 4       | 18         | 6,1                         | 0,48   | 36,8               |
| 50          | 3,5     | 14         | 5,2                         | 0,43   | 13,0               |
| 50          | 3,5     | 14         | 5,3                         | 0,43   | 14,5               |
| 75          | 3       | 10         | 0,8                         | 0,54   | 4,6                |
| 50          | 3,5     | 14         | 4,5                         | 0,46   | 14,6               |
| 75          | 3       | 18         | 4,5                         | 0,51   | 37,6               |
| 50          | 3,5     | 14         | 4,7                         | 0,46   | 12,7               |
| 25          | 3       | 10         | 2,0                         | 0,50   | 4,1                |
| 75          | 4       | 10         | 1,0                         | 0,52   | 3,5                |
| 25          | 4       | 18         | 29,1                        | 0,33   | 49,0               |
| 50          | 3       | 14         | 3,3                         | 0,49   | 20,8               |
| 25          | 3,5     | 14         | 9,4                         | 0,39   | 18,1               |
| 50          | 3,5     | 18         | 9,78                        | 0,46   | 46,5               |
| 50          | 3,5     | 14         | 4,9                         | 0,45   | 17,1               |
| 50          | 3,5     | 14         | 4,9                         | 0,46   | 19,9               |
| 50          | 4       | 14         | 4,6                         | 0,45   | 20,4               |
| 50          | 3,5     | 10         | 1,3                         | 0,51   | 2,1                |
| 75          | 3,5     | 14         | 3,7                         | 0,43   | 8,4                |

**Tablo 5.5:** Ayva püresinin reolojik özelliklerine faktörlerin (sıcaklık, pH ve konsantrasyon) etkilerinin değerlendirildiği varyans analiz tablosu

|                       | <b>Kaynak</b> | <b>sd</b> | <b>KT</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|-----------------------|---------------|-----------|-----------|----------|----------|
| Kıvam katsayısı       | Doğrusal      | 3         | 15,399    | 4,26     | 0,045    |
|                       | Kuadratik     | 3         | 161,156   | 44,28    | 0,001    |
|                       | İnteraksiyon  | 3         | 314,938   | 87,12    | 0,001    |
|                       | Hata          | 8         | 9,640     |          |          |
|                       | Toplam        | 17        |           |          |          |
|                       |               |           |           |          |          |
| Akış davranış indeksi | Doğrusal      | 3         | 0,001     | 1,59     | 0,266    |
|                       | Kuadratik     | 3         | 0,001     | 1,41     | 0,308    |
|                       | İnteraksiyon  | 3         | 0,004     | 3,21     | 0,078    |
|                       | Hata          | 8         | 0,002     |          |          |
|                       | Toplam        | 17        |           |          |          |
|                       |               |           |           |          |          |
| Akma gerilimi         | Doğrusal      | 3         | 104,470   | 4,92     | 0,034    |
|                       | Kuadratik     | 3         | 535,733   | 25,23    | 0,001    |
|                       | İnteraksiyon  | 3         | 376,691   | 17,74    | 0,001    |
|                       | Hata          | 8         | 56,629    |          |          |
|                       | Toplam        | 17        |           |          |          |
|                       |               |           |           |          |          |
| Tiksotropi            | Doğrusal      | 3         | 38,53     | 5,56     | 0,032    |
|                       | Kuadratik     | 3         | 48,58     | 7,01     | 0,013    |
|                       | İnteraksiyon  | 3         | 94,43     | 13,58    | 0,002    |
|                       | Hata          | 8         | 18,543    |          |          |
|                       | Toplam        | 17        |           |          |          |
|                       |               |           |           |          |          |

**Tablo 5.6:** Ayva püresinin reolojik özelliklerine sıcaklık, pH ve konsantrasyonun etkileri<sup>a</sup>

| FAKTÖR               | <b>k (Pa.s<sup>n</sup>) (Y1)</b> |              |              | <b>n (Y2)</b> |       |       | <b>τ<sub>o</sub> (Pa) (Y3)</b> |              |              | <b>Tiksotropi (Y4)</b> |              |              |
|----------------------|----------------------------------|--------------|--------------|---------------|-------|-------|--------------------------------|--------------|--------------|------------------------|--------------|--------------|
|                      | b                                | SH           | P            | b             | SH    | P     | b                              | SH           | P            | b                      | SH           | P            |
| Sabit                | 6,646                            | 1,912        | 0,840        | 1,163         | 0,540 | 0,063 | 1,834                          | 1,345        | 0,012        | 0,246                  | 1,702        | 0,212        |
| T (X1)               | -0,350                           | 0,162        | 0,063        | -0,004        | 0,002 | 0,881 | 0,192                          | 0,394        | 0,639        | <b>-57,95</b>          | <b>0,550</b> | <b>0,028</b> |
| pH (X2)              | 1,646                            | 0,032        | 0,591        | -0,173        | 0,322 | 0,606 | <b>-42,422</b>                 | <b>0,129</b> | <b>0,015</b> | -51,71                 | 1,580        | 0,055        |
| C (X3)               | <b>4,290</b>                     | <b>0,371</b> | <b>0,014</b> | -0,043        | 0,023 | 0,101 | -2,488                         | 1,324        | 0,476        | 73,76                  | 0,801        | 0,696        |
| T*T<br>(X1*X1)       | <b>-0,003</b>                    | <b>0,001</b> | <b>0,012</b> | -0,003        | 0,008 | 0,197 | -0,003                         | 0,002        | 0,230        | -0,071                 | 0,140        | 0,643        |
| pH*pH<br>(X2*X2)     | -1,816                           | 0,680        | 0,517        | 0,0311        | 0,045 | 0,511 | <b>-20,810</b>                 | <b>0,496</b> | <b>0,013</b> | 11,87                  | 1,550        | 0,065        |
| C*C<br>(X3*X3)       | <b>0,316</b>                     | <b>0,042</b> | <b>0,001</b> | 0,001         | 0,007 | 0,155 | <b>0,558</b>                   | <b>0,101</b> | <b>0,001</b> | <b>847,94</b>          | <b>0,220</b> | <b>0,044</b> |
| T*pH<br>(X1*X2)      | -0,024                           | 0,031        | 0,462        | 0,004         | 0,005 | 0,412 | <b>0,209</b>                   | <b>0,075</b> | <b>0,024</b> | -5,24                  | 0,120        | 0,239        |
| T*C<br>(X1*X3)       | <b>-0,062</b>                    | <b>0,003</b> | <b>0,001</b> | 0,002         | 0,006 | 0,106 | <b>-0,058</b>                  | <b>0,009</b> | <b>0,001</b> | <b>-3,22</b>           | <b>0,510</b> | <b>0,001</b> |
| pH*C<br>(X2*X3)      | 0,345                            | 0,194        | 0,113        | -0,005        | 0,003 | 0,123 | <b>-1,338</b>                  | <b>0,470</b> | <b>0,022</b> | -4,740                 | 1,720        | 0,858        |
|                      |                                  |              |              |               |       |       |                                |              |              |                        |              |              |
| <b>R<sup>2</sup></b> | <b>99,5</b>                      |              |              | <b>97,2</b>   |       |       | <b>99,1</b>                    |              |              | <b>98,4</b>            |              |              |

<sup>a</sup>b: Tahmin edilen katsayı

SH: Standart hata

P: Olasılık değeri, P değeri 0,05'den küçük olduğunda faktörün etkisi önemlidir.

Model:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

(5.2)

$$Y1 = 6,646 + 4,290 X3 - 0.003 X1*X1 + 0,316 X3*X3 - 0,062 X1*X3$$

(5.3)

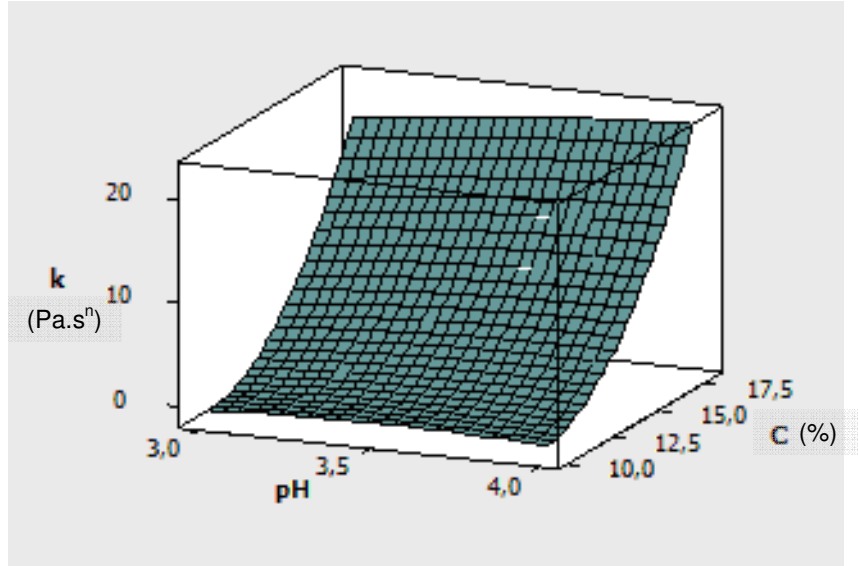
$$Y3 = 1,834 - 42,422 X2 - 20,810 X2*X2 + 0,558 X3*X3 + 0,209 X1*X2 - 0,058 X1*X3 - 1,338 X2*X3$$

(5.4)

$$Y_4 = 0,246 - 57,95 X_1 + 847,94 X_3^2 X_3 - 3,22 X_1^2 X_3 \quad (5.5)$$

### 5.2.2.1 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun kıvam katsayısı üzerine etkileri

Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun kıvam katsayısı üzerine etkileri incelendiğinde, konsantrasyonun ( $p=0,014$ ) lineer etkisi; sıcaklık ( $p=0,012$ ) ve konsantrasyonun ( $p=0,001$ ) kuadratik etkileri; sıcaklık ve konsantrasyonun interaksiyon etkilerinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0,05$ ) olduğu görülmüştür. Buna göre sıcaklık artışı kıvam katsayısı değerlerinde azalmaya sebep olurken, katı madde konsantrasyonunun %10 seviyesinden %18'e çıkmasıyla kıvam katsayısı değerlerinde yükselme gözlemlenmektedir (Şekil 5.5). pH'nın istatistiksel olarak önemli ( $p>0,05$ ) bir etkisine rastlanmamıştır (Şekil 5.6, 5.7)



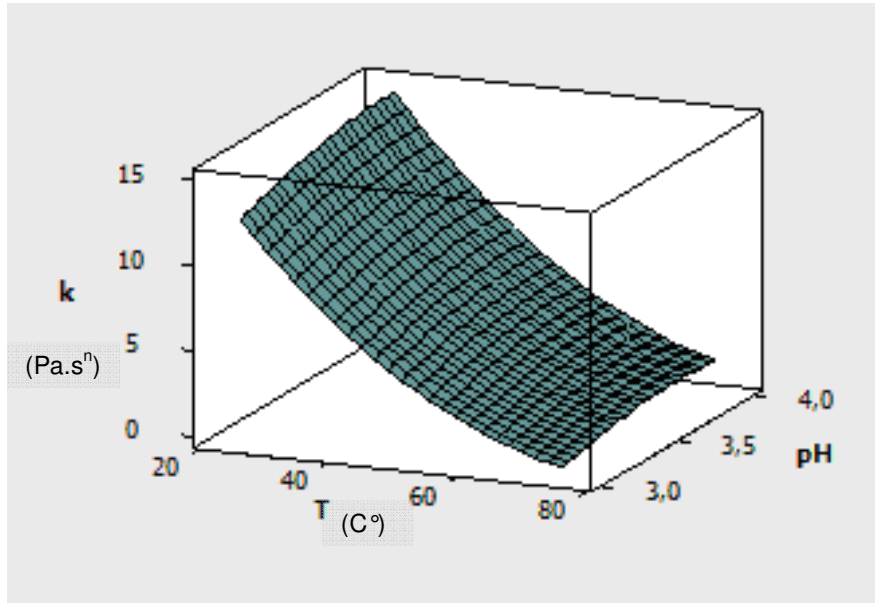
**Şekil 5.5:** pH ve konsantrasyonun (%) kıvam katsayısı üzerine etkisi

Tahin, mango suyu, pekmez ve muz püresi ile ilgili yapılmış çalışmalarda da kıvam katsayısının sıcaklık artışı ile azaldığı gözlemlenmiştir (Abu-Jdayil ve diğ., 2002; Dak ve diğ., 2007; Kaya ve Belibağlı, 2002; Guerrero ve Alzamora, 1997). Artan sıcaklıkla birlikte kıvam katsayısı değerinin düşmesi, Newton tipi olmayan ürünlerde karşılaşılan bir eğilimdir ve Newton tipi akışkanlarda sıcaklığın viskoziteye olan etkisiyle benzerdir (Krokida ve diğ., 2001). Sıcaklık artışı, makromoleküllerin

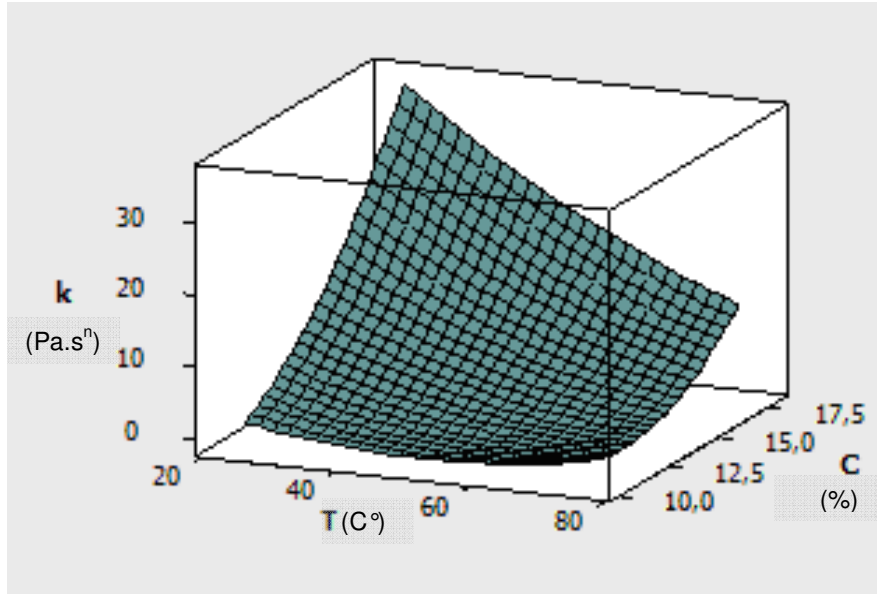
hidrolizine ve koloidal partiküllerin koagülasyonuna sebep olarak süspansiyonların içerdiği partiküllerin yapısını ve boyutunu değiştirebilir ve bu şekilde sistemin akışkanlığını etkileyebilir (Krokida ve diğ., 2008).

Sıcaklığın kıvam katsayısı üzerindeki etkisi, yüksek katı konsantrasyonlarında daha fazla gözlenmiştir (Şekil 5.7). Fraeye ve diğ.'nin (2007) yaptığı çalışmada, meyvelerde yüksek sıcaklıklarda yapının bozulması ile kıvam değerlerindeki azalmanın başlıca sebeplerinden biri olarak pektin bozunması gösterilmiştir. Sıcaklık değerlerinin 25°C'den 75°C'ye yükselmesi ve artan kayma hızının etkisiyle oluşan hidrodinamik kuvvetler de pürenin yapısını bozmakta ve kıvam değerlerini düşürmektedir (Haminiuk ve diğ., 2006).

Ayva püresinin kıvam katsayısına katı madde konsantrasyonunun etkisi ise, meyve pürelerinde kıvam katsayısının, koloidal partiküllerden etkilenmesi ile açıklanabilir (Pelegre ve diğ., 2002). Partiküller arasındaki mesafe ve etkileşim akışkanlığı etkilemektedir. Katı madde konsantrasyonunun %18'den %10'a düşmesiyle, partiküller arasındaki mesafe artmakta ve aralarındaki etkileşim azalmaktadır. Sürtünmenin azalmasıyla kıvam değerlerinde de düşme meydana gelmektedir (Haminiuk ve diğ., 2006; Nindo ve diğ., 2007).



**Şekil 5.6:** pH ve sıcaklığın (°C) kıvam katsayısı üzerine etkisi



**Şekil 5.7:** Sıcaklık (°C) ve konsantrasyonun (%) kıvam katsayısı üzerine etkisi

#### 5.2.2.2 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun akış davranış indeksi üzerine etkileri

Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun akış davranış indeksi üzerine etkileri incelendiğinde, bu değişkenlerin akış davranış indeksi üzerinde etkilerinin bulunmadığı görülmüştür ( $p > 0,05$ ). Yapılan ölçümlerin sonuçları analiz edilerek akış özelliklerinin modellenmesi yapıldığında, akış davranış indeksi ( $n$ ) değerlerinin 0,326-0,544 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Akış davranış indeksinin sıcaklık, konsantrasyon ve pH karşısındaki değişiminin incelendiği diğer çalışmalarda da, bu faktörlerin etkilerinin olmadığı belirtilmiştir (Abu-Jdayil ve diğ., 2002; Guerrero ve Alzamora, 1997; Saravacos, 1970).

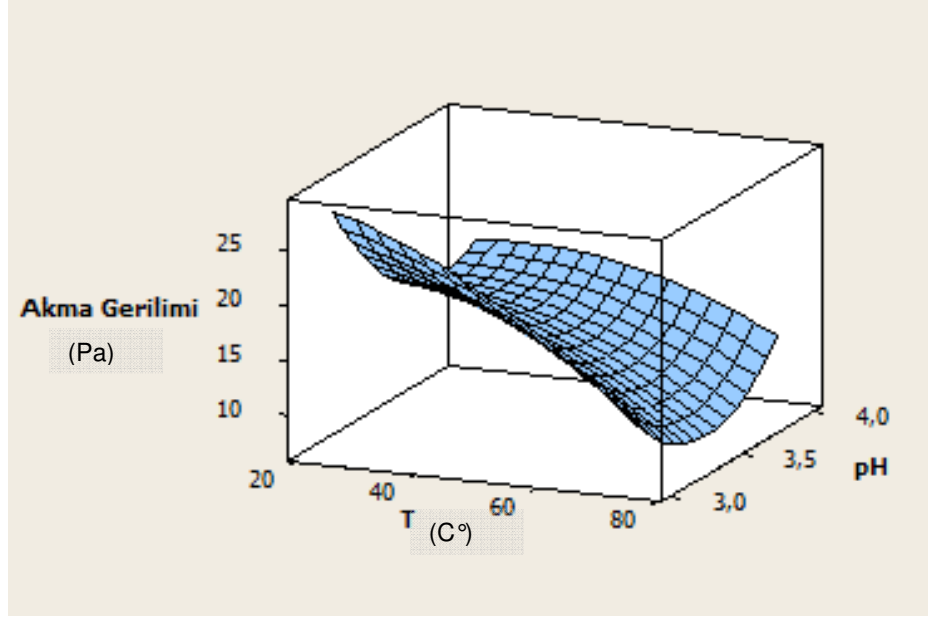
#### 5.2.2.3 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun akma gerilimi üzerine etkileri

Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun akma gerilimi üzerine etkileri incelendiğinde, pH'nın lineer ( $p = 0,015$ ) ve kuadratik ( $p = 0,013$ ) etkileri; konsantrasyon ( $p = 0,001$ ) değişiminin ise kuadratik etkisinin bulunduğu görülmüştür. Ayrıca sıcaklık-pH

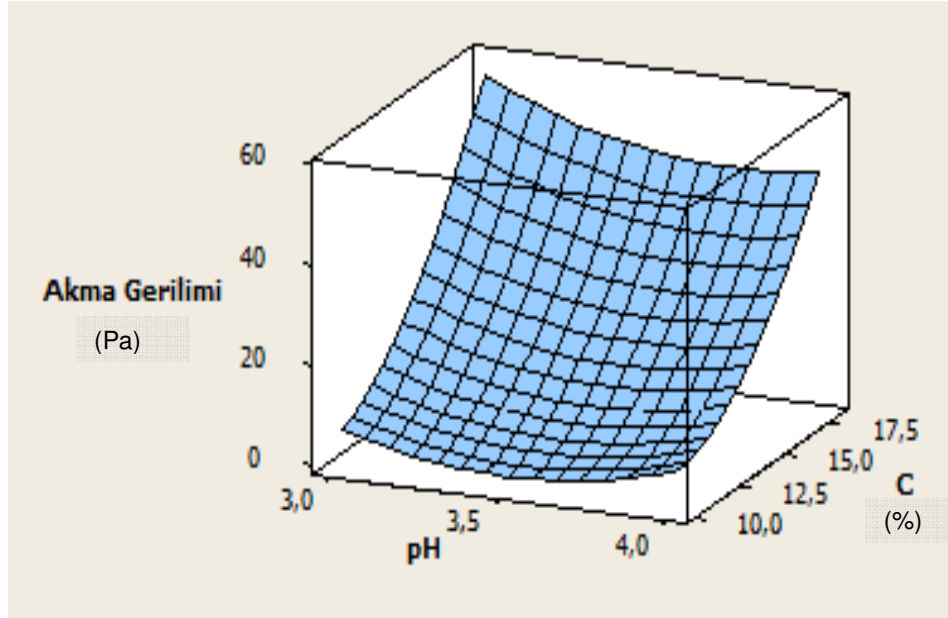
( $p=0,024$ ); sıcaklık-konsantrasyon ( $p=0,001$ ) ve pH-konsantrasyon ( $p=0,022$ ) interaksiyon etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Akma gerilimi, kayma hızı aralığı, uygulanan reolojik model ve pürenin yapısında bulunan partiküllerin yapısı ve boyutundan önemli derece etkilenen bir değerdir (Steffe, 1996). Bu çalışmada uygulanan koşullarda, ayva püresinde katı madde konsantrasyonunun %10 seviyesinden %18 seviyesine yükselmesi akma geriliminin artmasına sebep olmaktadır. Konsantrasyona bağlı bu değişim yabanmırsını püresi üzerinde yapılan bir çalışmada da gözlemlenmiştir (Nindo ve diğ., 2007). Konsantrasyon değişiminin ayva püresinin akma gerilimi üzerine etkisi sıcaklıktan etkilenmektedir. Düşük sıcaklıkta konsantrasyon etkisinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç literatür verileriyle uyumludur (Guerrero ve Alzamora, 1998).

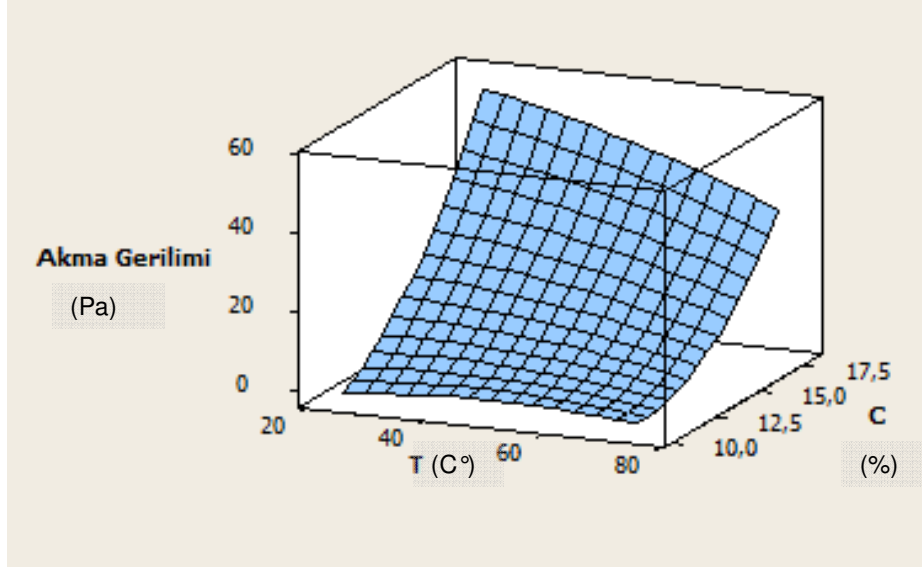
Ayva püresinde, pH 3 ve konsantrasyon %18 değerindeyken akma geriliminin en yüksek değere, pH 3,5'ta ise en düşük değere ulaştığı görülmektedir (Şekil 5.8). Yüksek konsantrasyonda pH'nın etkisinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Meyve ve sebze pürelerinde pH etkisi sulu faz içindeki pektik maddelerin varlığı ile açıklanmaktadır. Pektik maddeler uygun ortamlarda jel oluşturarak viskoziteyi etkilemektedirler (Wang ve diğ., 2002). Pektik maddelerin jel oluşumu ve oluşan jelin kuvvetini belirleyen en önemli etmenler, pektinin molekül yapısı ve uzunluğudur. Farklı yapıda ve uzunlukta pektinlerin jel oluşturma koşulları, konsantrasyon, pH, sıcaklık ve alkali metal iyonlarının (Ca, Na) varlığına göre değişir (Fernandez, 2001). Genel olarak yüksek metoksilli pektinlerin çözünürlüğü, asidik ortamlarda daha fazladır ve pH'sı 2,8-3,2 olan ve yüksek oranda şeker içeren ortamlarda jel oluşturmazlar (Kjønksen ve diğ., 2005). Düşük metoksilli pektinler ise suda çözünebilir ve pH'sı 3-3,4 olan ortamlarda kalsiyum ile jel oluşturabilirler. pH ve kalsiyum iyonlarının etkisinin, pektinin molekül yapısına bağlı olarak değişken olduğu belirtilmektedir (Fernandez, 2001). Ayva püresinde suda çözünen pektin miktarının fazla olması, pH'nın akma gerilimi üzerindeki etkisinin jel oluşumuyla ilgili olduğunu düşündürmektedir. Düşük pH da sıcaklık etkisinin daha fazla olduğu Şekil. 5.8'de, suda çözünen pektinin jel yapma özelliği ile açıklanabilir.



Şekil 5.8: pH ve sıcaklığın (°C) akma gerilimi üzerine etkisi



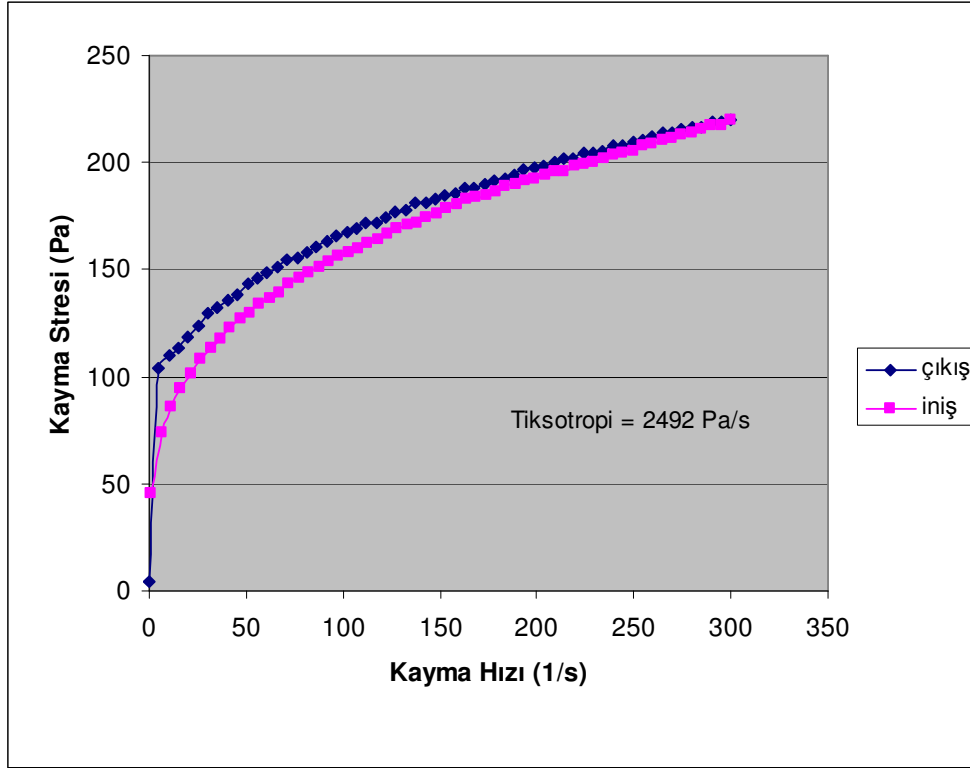
Şekil 5.9: pH ve konsantrasyonun (%) akma gerilimi üzerine etkisi



**Şekil 5.10:** Sıcaklık (°C) ve konsantrasyonun (%) akma gerilimi üzerine etkisi

### 5.3 Zamana Bağlı Reolojik Özellikler

Zamana bağımlı davranış gösteren akışkanlarda sabit kayma hızında yapılan reolojik ölçümlerde, çıkış ve iniş akış eğrileri arasında histerisis halkası oluşmaktadır. Bu halkanın alanı uygulanan kayma stresi sonucunda örnekte meydana gelen yapısal bozulmayı göstermekte ve tiksotropiyi ifade etmek için kullanılmaktadır. Ayva püresi örneklerinde çıkış ve iniş eğrileri arasındaki halka alanı hesaplanarak tiksotropik davranış belirlenmiştir (Şekil 5.11, Tablo 5.7).



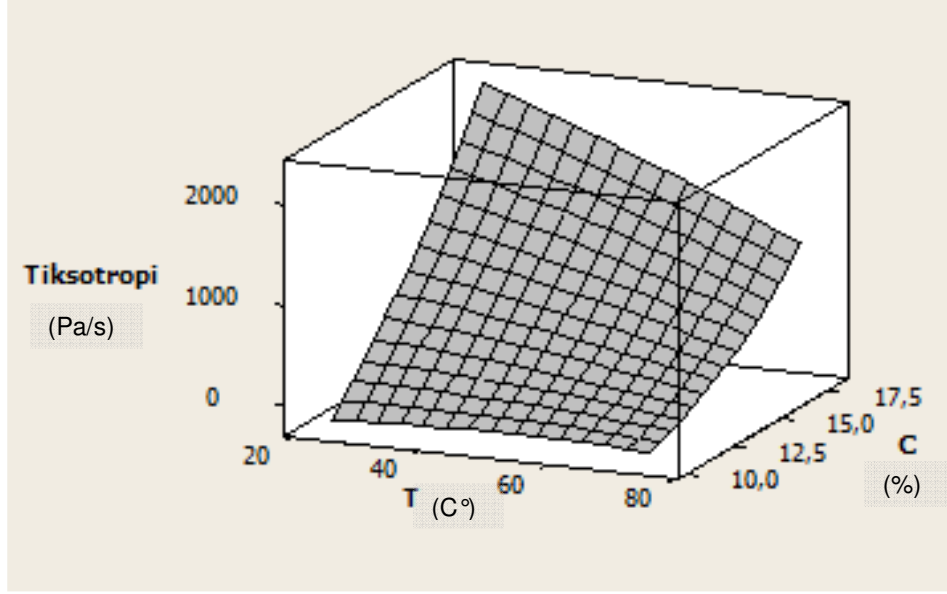
Şekil 5.11: Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C’de akış eğrisi

**Tablo 5.7:** Ayva püresinin farklı sıcaklık, pH ve katı madde konsantrasyonlarında tiksotropi değerleri

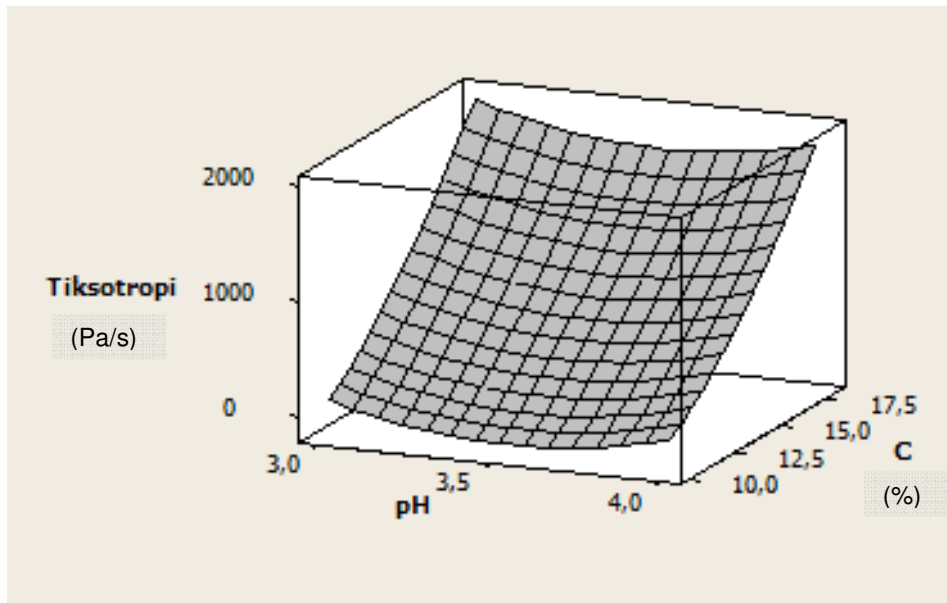
| <b>T (°C) (X1)</b> | <b>pH (X2)</b> | <b>C (%) (X3)</b> | <b>Tiksotropi (Y4)</b> |
|--------------------|----------------|-------------------|------------------------|
| 25                 | 4              | 10                | 22,95                  |
| 25                 | 3              | 18                | 2471,50                |
| 75                 | 4              | 18                | 1091,00                |
| 50                 | 3,5            | 14                | 663,95                 |
| 50                 | 3,5            | 14                | 654,35                 |
| 75                 | 3              | 10                | 3,31                   |
| 50                 | 3,5            | 14                | 586,90                 |
| 75                 | 3              | 18                | 1426,00                |
| 50                 | 3,5            | 14                | 473,50                 |
| 25                 | 3              | 10                | 58,21                  |
| 75                 | 4              | 10                | 1,94                   |
| 25                 | 4              | 18                | 2694,00                |
| 50                 | 3              | 14                | 870,00                 |
| 25                 | 3,5            | 14                | 745,70                 |
| 50                 | 3,5            | 18                | 1587,00                |
| 50                 | 3,5            | 14                | 691,55                 |
| 50                 | 3,5            | 14                | 736,25                 |
| 50                 | 4              | 14                | 797,15                 |
| 50                 | 3,5            | 10                | 35,96                  |
| 75                 | 3,5            | 14                | 412,00                 |

### 5.3.1 Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun tiksotropi üzerine etkileri

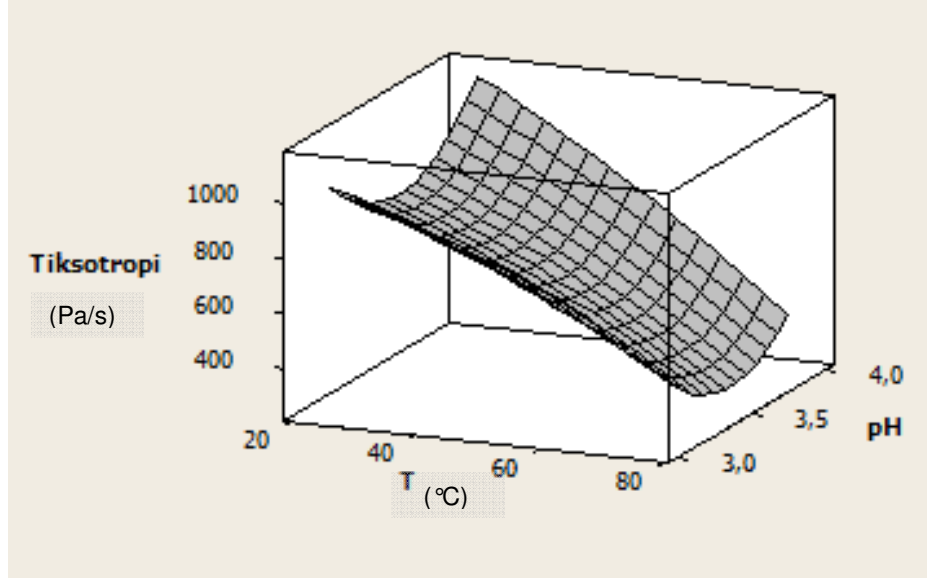
Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun tiksotropi üzerine etkileri incelendiğinde, konsantrasyonun kuadratik etkisi ( $p=0,044$ ) ve sıcaklığın lineer ( $p=0,028$ ) etkisinin bulunduğu görülmüştür. Katı madde konsantrasyonun sıcaklık değişimi ile interaksyonu ( $p=0,001$ ) tiksotropi değişimine neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu etkiler Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'te gösterilmiştir.



Şekil 5.12: Konsantrasyon (%) ve sıcaklığın (°C) tiksotropi üzerine etkisi



Şekil 5.13: Konsantrasyon (%) ve pH'nın tiksotropi üzerine etkisi



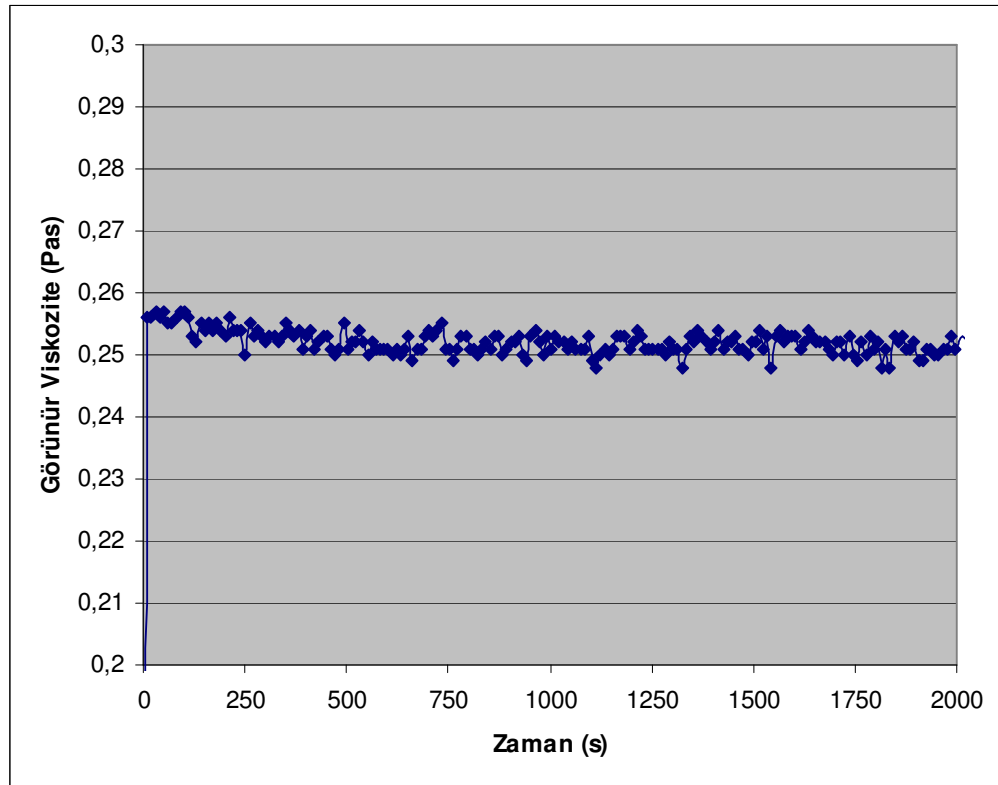
**Şekil 5.14:** Sıcaklık (°C) ve pH'nın tiksotropi üzerine etkisi

Tepki yüzey yöntemi ile yapılan analizin sonuçlarına göre sıcaklık yükseldikçe tiksotropi değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Bu etki, özellikle katı madde konsantrasyonunun artması ile daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Ayva püresi ve portakal suyunun tiksotropik davranışı üzerine yapılmış bir çalışmada da, sıcaklık artışıyla tiksotropide azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir (Ramos ve Ibarz, 1998). Ayrıca Güney Amerika'nın geleneksel tatlılarından biri olan "dulce de leche"nin reolojik analizinin yapıldığı çalışmada tiksotropiyi temsil eden histeresis halkasının, yüksek sıcaklıklarda küçüldüğü belirlenmiştir (Rovedo ve diğ., 1991).

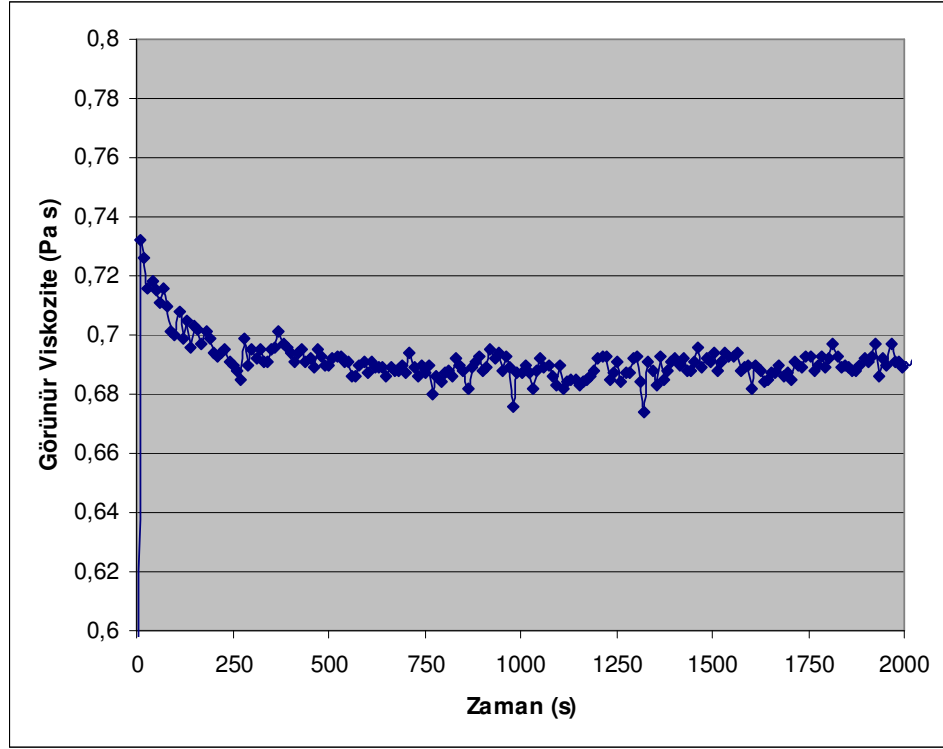
Ayva püresinde katı madde konsantrasyonunun artmasıyla, tiksotropi değerleri yükselmektedir. Partiküller arasındaki hidrojen bağlarının bozulması ile ortaya çıkan tiksotropik eğilim, bu partiküllerin sayısının artması ile daha belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Düşük sıcaklıklarda katı madde konsantrasyonunun tiksotropi üzerindeki etkisi daha fazla olmaktadır.

Tiksotropi; stabil durumdaki bir akışkana stres uygulanmaya başlandıktan sonra, uygulanan stresin şiddeti değişmese de zamanla akışkanın viskozitesinde görülen azalma olarak tanımlanır. Tiksotropi, geri dönüşümü mümkün olan ve uygulanan stresin kesilmesiyle akışkanın eski viskozite değerini kazandığı bir bozulmadır (Barnes, 1997). Akış esnasında moleküller arasında bulunan ve zayıf yapıda olan hidrojen bağlarının kopması ile yapının bozulması sonucu ortaya çıkan tiksotropi, örnek stabil hale geldiğinde Brownian kuvvetlerinin etkisi ile moleküller arasında hidrojen bağlarının tekrar kurulması ile ortadan kalkar (Barnes, 1997).

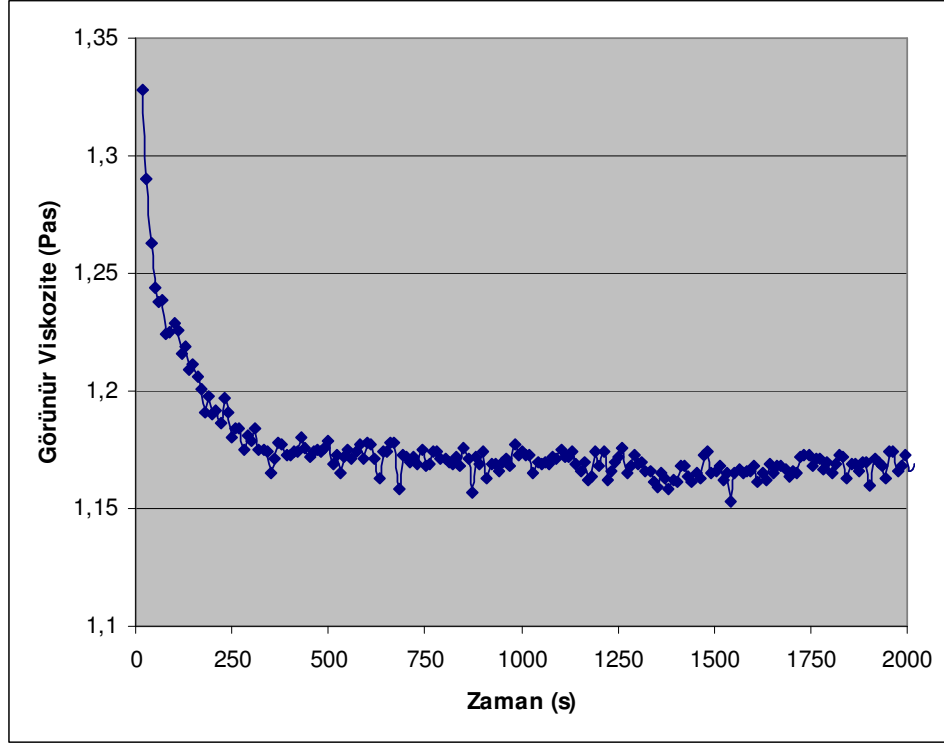
Sabit kayma hızında yapılan ölçümlerde viskozitede düşüş ve daha sonra bir sabitlenme olduğu gözlenmiştir (Şekil 5.15, 5.16, 5.17). Katı madde konsantrasyonu %18 olan örneğin tiksotropi değerleri daha yüksek olduğu için viskozitedeki bu düşüş daha net şekilde gözlemlenmektedir.



**Şekil 5.15:** Ayva püresinin %10 konsantrasyon, pH 3,5, 25 °C ve 100 s<sup>-1</sup> sabit kayma hızında görünür viskozite eğrisi

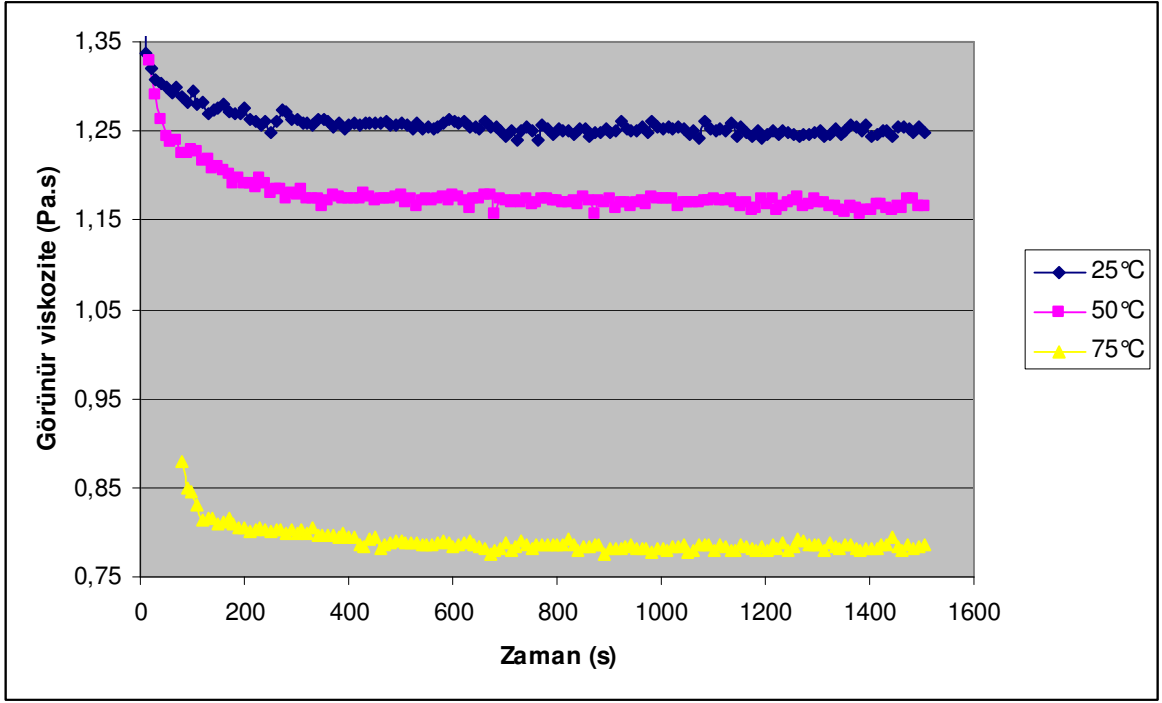


**Şekil 5.16:** Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5, 25 °C ve  $100 \text{ s}^{-1}$  sabit kayma hızında görünür viskozite eğrisi



**Şekil 5.17:** Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 3,5, 25 °C ve 100 s<sup>-1</sup> sabit kayma hızında görünür viskozite eğrisi

%18 sabit konsantrasyon ve sabit pH 3,5'ta ayva püresinin sıcaklıkla değişen görünür viskozite eğrileri verilmektedir (Şekil 5.18). Buna göre sıcaklık artışı ile birlikte görünür viskozite değerlerinde belirgin azalma gözlemlenmektedir.



**Şekil 5.18:** Ayva püresinin %18 konsantrasyon ve pH 3,5 için 25, 50 ve 75 °C’de ve  $100 \text{ s}^{-1}$  sabit kayma hızında görünür viskozite eğrileri

## 6. SONUÇ

Bu çalışmada, ayva püresinin reolojik özellikleri belirlenmiş ve reolojik özellikleri üzerine sıcaklık, pH ve konsantrasyonun etkileri incelenmiştir. Ayva püresinin kompozisyon analizleri yapılarak nem, toplam katı madde, kül, protein, asitlik ve pektin içeriği belirlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda, ayva püresinin akma gerilimine sahip psödoplastik davranış gösteren bir akışkan olduğu tespit edilmiştir. Reolojik davranışının Herschel-Bulkley modeline uygun olduğu saptanmış ve bu model kullanılarak reolojik özellikleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sırasında ayva püresinin tiksotropik davranış gösterdiği belirlenmiş ve zamana bağımlı reolojik özellikleri de incelenmiştir. Tepki yüzey yöntemi ile sıcaklık, pH ve konsantrasyonun reolojik özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Kıvam indeksinin konsantrasyon artışı ( $p=0,001$ ) ile yükseldiği ve sıcaklık artışı ( $p=0,012$ ) ile azaldığı belirlenmiştir. pH'nın kıvam indeksi üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Akış davranış indeksinin sıcaklık, pH ve konsantrasyon değişiminden önemli şekilde etkilenmediği ve 0,326-0,544 değerleri arasında değiştiği görülmüştür. Akma gerilimi değerlerinin konsantrasyon artışı ( $p=0,001$ ) ile yükseldiği belirlenmiştir. pH'nın akma gerilimi üzerine etkisi önemli bulunmuş ve pH 3,5'ta akma geriliminin en düşük değerine ulaştığı görülmüştür. Konsantrasyondaki artışın ( $p=0,044$ ) ve sıcaklıktaki azalmanın ( $p=0,028$ ) tiksotropide artmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Ayva püresinin kimyasal bileşimi incelendiğinde, %19,3 katı madde konsantrasyonu, 15,4°Brix çözünür katı madde, 3,64 pH, %0,32 toplam kül, %0,46 protein, %5,9 alkolde çözünmeyen katı madde, 1,0627 g/100 g toplam asitlik ve %2 pektin içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Ahmed, J. and Ramaswamy, H.S.**, 2004. Response surface methodology in rheological characterization of papaya puree, *International Journal of Food Properties*, **7**(1), 45 – 58.
- Ahmed, J. and Ramaswamy, H.S.**, 2005. Viscoelastic characteristics of vegetable puree-based baby foods, *Journal of Food process Engineering*, **29**, 219-233.
- Ahmed, J., Ramaswamy, H.S. and Hiremath, N.**, 2005. The effect of high pressure treatment on rheological characteristics and colour of mango pulp, *International Journal of Food Science and Technology*, **40**, 885–895.
- Ahmed, J., Shivhare, U.S., Raghavan, G.S.V.**, 2000. Rheological characteristics and kinetics of colour degradation of green chilli puree. *Journal of Food Engineering*, **44**, 239-244.
- Akdogan, H. and McHugh, T.H.**, 1999. Twin screw extrusion of peach puree: rheological properties and product characteristics, *Journal Of Food Processing Preservation*, **23**, 285-305.
- Anon**, 2008. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, <http://www.tarim.gov.tr>.
- AOAC**, 2000. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Barnes, H.A.**, 1997. Thixotropy-a review, *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, **70**, 1-33.
- Bhattacharya, S.**, 1999. Yield stress and time-dependent rheological properties of mango pulp. *Journal of Food Science*, **64**(6): 1029-1033.
- Bhattacharya S. and Rastogi, N. K.**, 1998. Rheological properties of enzyme-treated mango pulp, *Journal of Food Engineering*, **36**, 249- 262.
- Bourne, M.C.**, 1982. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement, Academic Press, New York, pp. 207.
- Buitenhuis, J., and Ponitsch, M.**, 2003. Negative thixotropy of polymer solutions. 1. A model explaining time-dependent viscosity, *Colloid and Polymer Science*, **281**, 253–259.
- Brunn, S. D.**, 1963. A cultural plant geography of the quince. *The Professional Geographer*, **15**(5), 16-18.
- Carreau, P.J., Cotton, F., Citerne, G. P., and Moan, M.** 2002. Rheological Properties of Concentrated Suspensions: Applications to Foodstuffs, in *Engineering and Food For The 21st Century*. Eds. Chanes, J.W., Cánovas, G.V.B., Aguilera, J.M., CRC Press LLC, Florida, USA.

- Çiftçi, Ü.**, 1999. Ayva Pektinin Ekstraksiyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dik, T., and Özilgen, M.**, 1994. Rheological Behaviour of Bentonite-Apple Juice Dispersions, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, **27**, 296.
- Fernandez, M.L.**, 2001. Pectin Composition, Chemistry, Physicochemical Properties, Food Applications, and Physiological Effects, in Handbook of Dietary Fiber. Eds. Cho, S.S., Dreher, M.L. Taylor & Francis, USA.
- Forni, E., Penci, M. and Polesello, A.**, 1994. A preliminary characterization of some pectins from quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.) and prickly pear (*Opuntia ficus indica*) peel. *Carbohydrate polymers* **23** (4), 231-234.
- Fraeye, I., De Roeck, A., Duvetter, T., Verlent, I., Hendrickx, M., and Loey, A.V.**, 2007. Influence of pectin properties and processing conditions on thermal pectin degradation. *Food Chemistry* **105**, 555-563.
- Guerrero, S. N. and Alzamora, S. M.**, 1997. Effect of pH, temperature and glucose addition on flow behaviour of fruit purées: I. Banana purée, *Journal of Food Engineering*, **33**, 239-256.
- Guerrero, S. N. and Alzamora, S. M.**, 1998. Effect of pH, temperature and glucose addition on flow behaviour of fruit purées: II. Peach, papaya and mango purées, *Journal of Food Engineering*, **37**, 77-1001.
- Guillon, F., Champ, M.J. and Thibault, F.**, 2001. Dietary Fibre Functional Products in Functional Foods, Concept to Product. Eds. Gibson, G. R. and Williams, C. M., Woodhead Publishing Limited, New York.
- Güneş, G., Hotchkiss, J.H., and Watkins, C.B.**, 2001. Effects of gamma irradiation on the texture of minimally processed apple slices. *Journal Of Food Science*, **66**(1), 63-67.
- Hamauzu, Y., Inno, T., Kume, C., Irie, M. and Hiramats, K.**, 2006. Antioxidant and antiulcerative properties of phenolics from chinese quince, quince, and apple fruits, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **54**, 765-772.
- Haminiuk, C.W.I., Sierakowski, M.R., Branco, I.G., Maciel, G.M., and Mason, M.L.**, 2007. Rheological study of ternary mixtures and pectic gels of red fruit pulps, *International Journal of Food Science and Technology*, **42**, 629–639.
- Haminiuk, C.W.I., Sierakowski, Vidal, J.R.MB., and Mason, M.L.**, 2006. Influence of temperature on the rheological behavior of whole araçá pulp (*Psidium cattleianum* sabine), *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* **39**, 426–430.
- Haris, J.**, 1977. Rheology and Non-newtonian Flow, p.2 Longman, London.
- Hernandez, E., Chen, C.S., Johnson, J. and Carter, R. D.**, 1995. Viscosity changes in orange juice after ultrafiltration and evaporation, *Journal of Food Engineering*, **25**(3), 387.
- Ibarz, A. and Bárbosa-Canovas, G.V.**, 2003. Unit Operations in Food Engineering, p.89, CRC Pres, LLC. Florida, USA.

- Juszczak, L., Witzak M., Fortuna T. and Bany, A.,** 2004. Rheological properties of commercial mustards, *Journal of Food Engineering*, **63**, 209–217.
- Kaya, A., Aydin, O., Demirtas, C. and Akgün, M.,** 2006. An experimental study on the drying kinetics of quince, *Desalination*, **212**, 328–343.
- Kjønliksen, A.L., Hiorth, M., and Nyström, B.,** 2005. Association under shear flow in aqueous solutions of pectin, *European Polymer Journal*, **41**, 761–770.
- Köksoy, A. and Kılıç, M.,** 2003. Effects of water and salt level on rheological properties of ayran, a Turkish yoghurt drink, *International Dairy Journal* **13**, 835–839.
- Krokida, M.K., Maroulis, Z.B. and Saravacos, G.D.,** 2001. Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: Compilation of literature data, *International Journal of Food Properties*, **4(2)**, 179–200.
- Lapasin, R. and Prici, S.,** 1995. Rheology of industrial polysaccharides: Theory and applications. London: Blackie/Professional. Alınmıştır: Tiziani, S. and Vodovotz, Y., 2005. Rheological effects of soy protein addition to tomato juice, *Food Hydrocolloids*, **19**, 45–52.
- Lopes da Silva, J.A. and Rao, M.A.,** 2006. Pectins: Structure, Functionality, and Uses. In: Food Polysaccharides and Their Applications. Eds: Stephen, A., Phillips, G.O., Williams P.A., Taylor & Francis Group, LLC.
- Maceiras, R., Álvarez, E. and Cancela M.A.,** 2007. Rheological properties of fruit purees: Effect of cooking, *Journal of Food Engineering*, **80**, 763–769.
- McKenna, B.M., and Lyng, J.G.,** 2003. Introduction to food rheology and its measurement. In: Texture in food Volume 1: Semi-solid foods Ed: McKenna, B.M, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- McLellan, M.R. and Zakour, O.I.,** 2005. Juice processing, in *Processing Fruits*, Eds. Baret, D.M., Somogyi, L. and Ramaswamy, H., CRC Press, Florida, USA.
- Meng, G.T., and Ma, C.Y.,** 2002. Thermal gelation of globulin from Phaseolus angularis (red bean), *Food Research International*, **35**, 377–385.
- Munizaga, G.T., Moyano, R., Simpson, R., Barbosa Canovas, G.V. and Swanson, B.G.,** 2005. Flow and viscoelastic properties of pressurized avocado puree, *Journal of Food Processing and Preservation* **29**, 196–207.
- Nindo C.I., Tang J., Powers, J.R. and Singh, P.,** 2005. Viscosity of blueberry and raspberry juices for processing applications, *Journal of Food Engineering*, **69**, 343–350.
- Nindo, C.I., Tang, J., Powers, J.R. and Takhar, P. S.,** 2007. Rheological properties of blueberry puree for processing applications, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie - Food Science and Technology*, **40**, 292–299.
- Pelegrine D.H., Silva F.C. and Gasparetto C.A.,** 2002. Rheological Behavior of Pineapple and Mango Pulps, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie - Food Science and Technology*, **35**, 645–648.
- Perona, P.,** (2000). Rheology and fluid dynamics of fruit purees in circular pipes, *PhD thesis*, Department of Hydraulics, Transports and Civil Structures., Polytechnic of Turin. Alınmıştır: Perona, P., (2003). An experimental

- investigation of laminar– turbulent transition in complex fluids. *Journal of Food Engineering*, **60**, 137–145.
- Perona, P.**, (2003). An experimental investigation of laminar– turbulent transition in complex fluids, *Journal of Food Engineering*, **60**, 137–145.
- Ramaswamy, H. and Marcotte, M.**, 2006. Food Processing: Principles and Applications, pp. 55-56, Taylor & Francis, London.
- Ramos, A. M., and Ibarz, A.**, 1998. Thixotropy of orange concentrate and quince purée, *Journal of Texture Studies*, **29**, 313-324.
- Ramos, A. M., and Ibarz, A.**, 2006. Comportamiento viscoelástico de pulpa de membrillo en función de la concentración de sólidos solubles, *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, **26(1)**, 214-219.
- Rao, M.A.**, 1999. Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications, pp. 6-10, An Aspen Publications, Gaithersburg, Maryland.
- Rao, M.A.**, 1995, Rheological Properties of Fluid Foods, in *Engineering Properties of Foods*, pp. 4, 5, Eds. Rao, M.A. & Rizvi, S.S.H., Marcel Dekker, New York.
- Rao. M.A., and Gasparetto, C.A.**, 2000. Rheological properties of noncohesive apple dispersion with helical and vane impellers effect of concentration and particle size. *Journal of Food Process Engineering*, **23**, 373-385.
- Romero, J.T., Telis, V.R.N. and Yamashita, F.**, 1999. Friction factors and rheological properties of orange juice, *Journal of Food Engineering*, **40**, 101-106.
- Rovedo, C.O., Viollaz, P.E., and Suarez, C.**, 1991. The effect of pH and temperature on the rheological behaviour of dulce de leche, a typical dairy Argentine product, *Journey of Dairy Science*, **74**, 1497-1502.
- Saravacos, G.D.**, 1970. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees, *Journal of Food Science*, **35**, 122-125.
- Servais, C. Jones, R., and Roberts, I.**, 2001. Influence of particle size distribution on the processing of food. *Journal of Food Engineering*, **51**, 201-208
- Schobinger, U. and Askar, A.**, 1987. Meyve ve sebze suları, Eugen Ulmer GmbH ve Co., Germany, ss. 164-165.
- Shaidi, F. and Naczki, M.**, 2003. Phenolics in Food and Nutraceuticals, p. 170, CRC Press, USA.
- Silva, B.M., Andrade, P.B., Ferreres, F., Domingues, A.L., Seabra, R.M. and Ferreira, M.A.**, 2002. Phenolic profile of quince fruit (*cydonia oblonga miller*) (pulp and peel), *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **50**, 4615-4618.
- Steffe, J.F.** 1996. Rheological methods in food process engineering, Freeman Press. East Lansing.
- Thakur, B.R., Singh, R.K., and Nelson, P.E.**, 1997. Effect of pH and Soluble Solids on the serum viscosity and serum color of tomato juice at elevated temperature, *Journal of Food Quality*, **20**, 495-500.

- Tiziani, S. and Vodovotz, Y.**, 2005. Rheological effects of soy protein addition to tomato juice, *Food Hydrocolloids*, **19**, 45–52.
- Türk Gıda Kodeksi-26392**, 2006. Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği, *T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı*, Ankara.
- USDA**, United States Department of Agriculture.  
[http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl). 14 Mart 2008’de alınmıştır.
- Vitali, A.A., and Rao, M.A.**, 1984. Flow properties of low-pulp concentrated orange juice: effect of temperature and concentration, *Journal of Food Science*, **49**, 882-888.
- Wang, Q., Pagán, J. and Shi, J.**,2002. Pectin from Fruits, in *Functional Foods- Biochemical and Processing Aspects*, Eds. Shi, J., Mazza, G. and Maguer, M.L. , CRC Pres, New York.
- Yeow, Y.L., Perona, P. and Leong, Y.K.**, 2002. A reliable method of extracting the rheological properties of fruit purees from flow loop data, *Journal of Food Science*, **67(4)**, 1407-1411.
- Zuritz, C.A., Puentes, E. M., Mathey, H. H., Pérez and E.H., Gascón, A.**, 2005. Density, viscosity and coefficient of thermal expansion of clear grape juice at different soluble solid concentrations and temperatures, *Journal of Food Engineering*, **71**, 143–149.

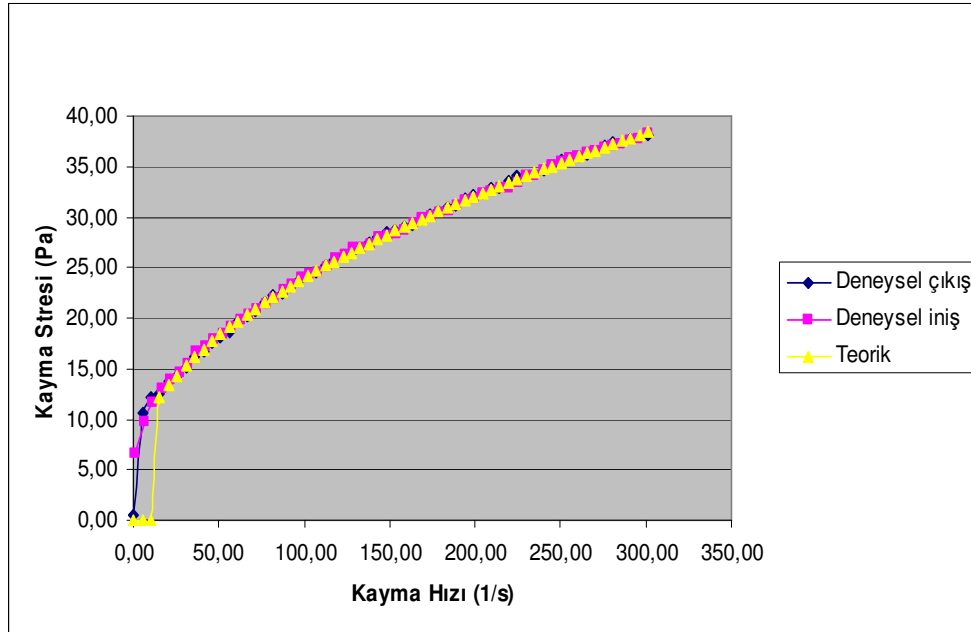
## EKLER

### EK A

**Tablo A.1:** Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 0,57              | 0,03             | 38,29             | 300,80           |
| 10,68             | 5,18             | 37,78             | 295,80           |
| 12,15             | 10,26            | 37,55             | 290,70           |
| 12,45             | 15,41            | 37,14             | 285,60           |
| 13,76             | 20,53            | 37,10             | 280,50           |
| 14,32             | 25,60            | 36,93             | 275,50           |
| 15,18             | 30,68            | 36,58             | 270,40           |
| 16,09             | 35,74            | 36,39             | 265,30           |
| 16,78             | 40,91            | 35,95             | 260,30           |
| 17,55             | 45,98            | 35,76             | 255,20           |
| 18,15             | 51,10            | 35,51             | 250,20           |
| 18,66             | 56,18            | 35,07             | 245,10           |
| 19,60             | 61,30            | 34,64             | 240,10           |
| 20,16             | 66,42            | 34,13             | 234,90           |
| 20,72             | 71,50            | 34,04             | 229,90           |
| 21,62             | 76,62            | 33,34             | 224,80           |
| 22,28             | 81,72            | 32,93             | 219,70           |
| 22,45             | 86,85            | 32,95             | 214,70           |
| 23,21             | 91,93            | 32,59             | 209,60           |
| 23,67             | 97,04            | 32,38             | 204,60           |
| 24,23             | 102,10           | 31,82             | 199,50           |
| 24,59             | 107,20           | 31,65             | 194,40           |
| 25,16             | 112,40           | 31,18             | 189,40           |
| 25,67             | 117,40           | 30,67             | 184,40           |
| 26,25             | 122,50           | 30,45             | 179,20           |
| 26,44             | 127,60           | 30,09             | 174,20           |
| 27,00             | 132,70           | 29,95             | 169,20           |
| 27,48             | 137,90           | 29,44             | 164,00           |
| 28,03             | 143,00           | 28,74             | 159,00           |
| 28,46             | 148,10           | 28,31             | 154,00           |
| 28,69             | 153,20           | 28,23             | 148,90           |
| 29,08             | 158,30           | 27,94             | 143,80           |
| 29,26             | 163,30           | 27,27             | 138,70           |
| 29,73             | 168,50           | 26,99             | 133,70           |
| 30,24             | 173,60           | 26,89             | 128,60           |
| 30,61             | 178,70           | 26,29             | 123,50           |
| 31,03             | 183,80           | 25,94             | 118,40           |
| 31,05             | 188,90           | 25,10             | 113,30           |
| 31,75             | 194,00           | 24,59             | 108,20           |
| 32,10             | 199,10           | 24,28             | 103,10           |

|       |        |       |       |
|-------|--------|-------|-------|
| 32,36 | 204,20 | 23,92 | 98,09 |
| 32,86 | 209,30 | 23,31 | 92,95 |
| 32,93 | 214,40 | 22,75 | 87,85 |
| 33,55 | 219,50 | 21,94 | 82,83 |
| 34,03 | 224,60 | 21,38 | 77,74 |
| 34,16 | 229,70 | 20,92 | 72,63 |
| 34,19 | 234,80 | 20,33 | 67,58 |
| 34,61 | 239,90 | 19,89 | 62,46 |
| 34,96 | 245,00 | 19,07 | 57,36 |
| 35,61 | 250,10 | 18,44 | 52,29 |
| 35,57 | 255,20 | 17,99 | 47,18 |
| 35,93 | 260,40 | 17,21 | 42,07 |
| 36,13 | 265,40 | 16,64 | 36,96 |
| 36,60 | 270,50 | 15,51 | 31,90 |
| 37,11 | 275,70 | 14,63 | 26,79 |
| 37,31 | 280,80 | 13,91 | 21,67 |
| 37,43 | 285,90 | 12,97 | 16,56 |
| 37,81 | 291,00 | 11,60 | 11,50 |
| 37,91 | 296,20 | 9,78  | 6,38  |
| 38,04 | 300,90 | 6,67  | 1,32  |

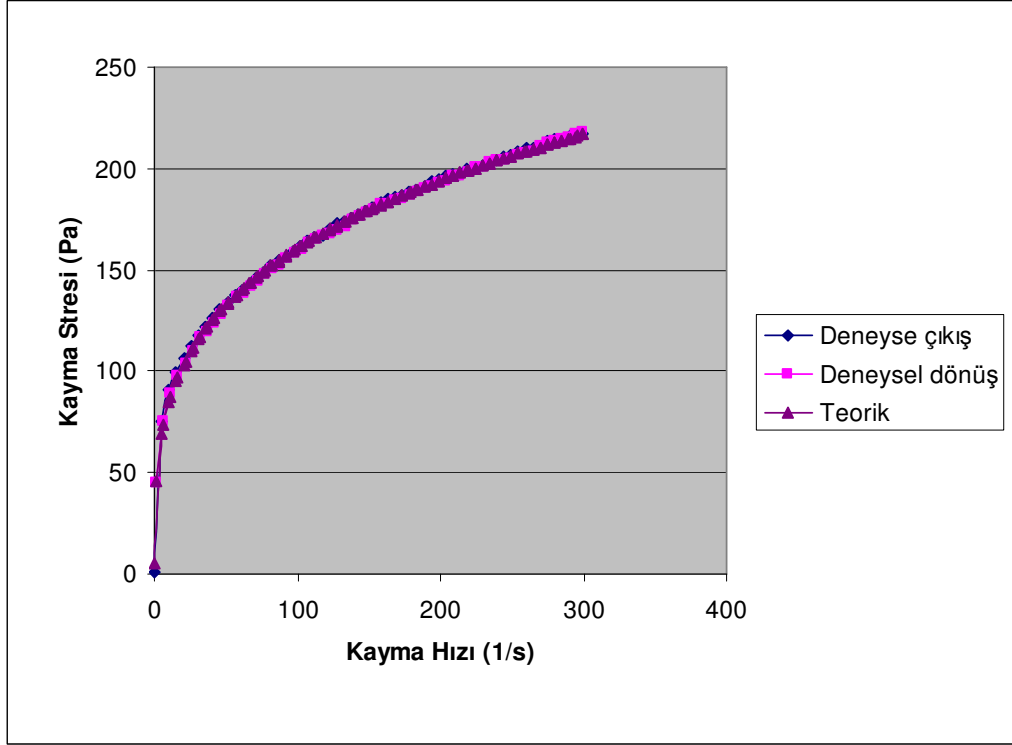


**Şekil A.1:** Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.2:** Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 1,08              | 0,004769         | 217,6             | 300              |
| 75,06             | 5,085            | 216,7             | 294,8            |
| 90,92             | 10,21            | 215,3             | 289,8            |
| 99,28             | 15,3             | 214,3             | 284,8            |
| 106,6             | 20,41            | 213,6             | 279,7            |
| 112,3             | 25,51            | 213               | 274,7            |
| 118               | 30,61            | 211,3             | 269,6            |
| 121,6             | 35,67            | 208,9             | 264,6            |
| 126,4             | 40,74            | 207,7             | 259,5            |
| 130,4             | 45,84            | 207,1             | 254,5            |
| 134,3             | 50,95            | 205,3             | 249,4            |
| 137,5             | 56,02            | 204,3             | 244,4            |
| 140,5             | 61,07            | 203,8             | 239,3            |
| 142,8             | 66,17            | 202,9             | 234,3            |
| 146,2             | 71,33            | 201,1             | 229,2            |
| 148,8             | 76,44            | 201,1             | 224,1            |
| 152,2             | 81,51            | 198,4             | 219,1            |
| 154,8             | 86,61            | 196,2             | 214              |
| 156,7             | 91,67            | 196               | 209              |
| 159,5             | 96,72            | 193,4             | 203,9            |
| 161,6             | 101,8            | 193               | 198,9            |
| 164,1             | 106,9            | 191,6             | 193,8            |
| 165,9             | 112              | 190,5             | 188,8            |
| 167,2             | 117,2            | 188,2             | 183,7            |
| 170,7             | 122,2            | 187               | 178,7            |
| 172,6             | 127,3            | 184,8             | 173,6            |
| 173,8             | 132,4            | 184               | 168,6            |
| 175,6             | 137,5            | 182,2             | 163,5            |
| 177,4             | 142,6            | 182,2             | 158,5            |
| 179,4             | 147,7            | 180,2             | 153,4            |
| 180,4             | 152,7            | 177,8             | 148,4            |
| 183               | 157,8            | 176,1             | 143,3            |
| 184,8             | 162,9            | 174,9             | 138,3            |
| 185,9             | 168              | 171,5             | 133,2            |
| 187,1             | 173,1            | 169,5             | 128,1            |
| 188,3             | 178,2            | 167,9             | 123              |
| 189,6             | 183,3            | 166,7             | 118              |
| 191,4             | 188,4            | 165,2             | 112,9            |
| 193,4             | 193,4            | 163,2             | 107,8            |
| 195               | 198,6            | 159,7             | 102,8            |
| 196,1             | 203,6            | 158,5             | 97,76            |
| 197,6             | 208,8            | 155,9             | 92,61            |
| 197,1             | 213,8            | 152,5             | 87,58            |
| 199,8             | 219              | 150,6             | 82,55            |
| 200,8             | 224              | 148,3             | 77,45            |
| 201,5             | 229,1            | 144,3             | 72,33            |
| 203,2             | 234,2            | 142,2             | 67,27            |
| 204,5             | 239,3            | 138,7             | 62,21            |
| 205,6             | 244,3            | 136,7             | 57,1             |
| 207               | 249,5            | 132,2             | 52,03            |
| 208,6             | 254,5            | 128,3             | 46,97            |
| 210,1             | 259,6            | 124,1             | 41,92            |
| 209,9             | 264,7            | 119,6             | 36,78            |

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 211,4 | 269,8 | 116,5 | 31,72 |
| 213,5 | 274,9 | 110,2 | 26,62 |
| 214,9 | 280   | 104   | 21,57 |
| 214,6 | 285,1 | 97,35 | 16,48 |
| 215,9 | 290,3 | 88,95 | 11,43 |
| 216   | 295,4 | 75,09 | 6,296 |
| 217,5 | 300   | 45,27 | 1,285 |

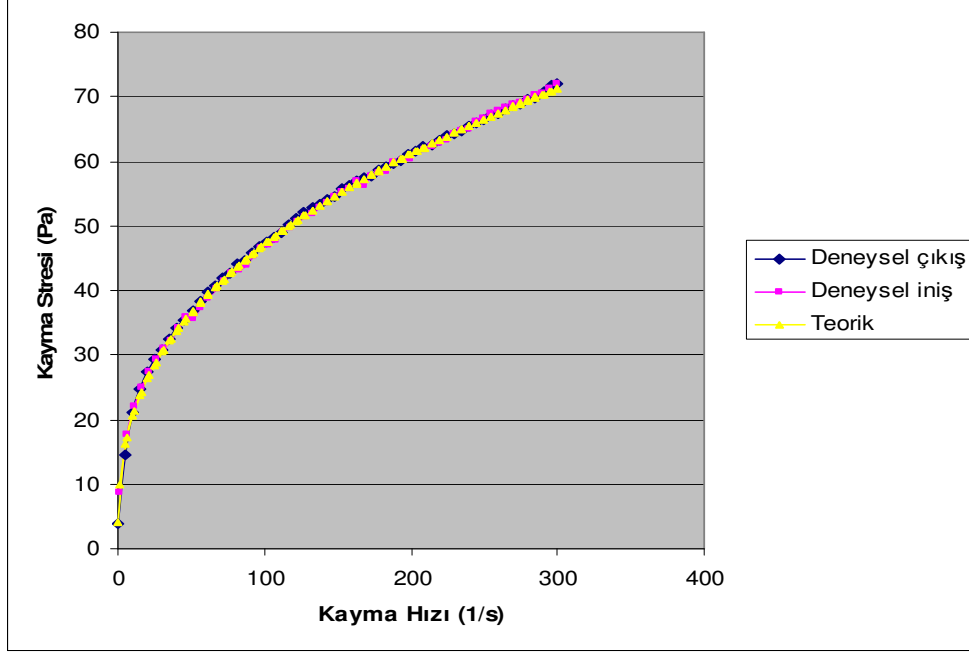


**Şekil A.2:** Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.3:** Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 3,88              | 0,02             | 72,11             | 299,90           |
| 14,47             | 5,02             | 71,31             | 294,80           |
| 20,97             | 10,13            | 70,58             | 289,80           |
| 24,82             | 15,24            | 70,29             | 284,70           |
| 27,47             | 20,34            | 69,59             | 279,70           |
| 29,29             | 25,35            | 69,03             | 274,70           |
| 30,86             | 30,46            | 68,77             | 269,60           |
| 32,57             | 35,56            | 68,30             | 264,50           |
| 34,15             | 40,66            | 67,96             | 259,40           |
| 35,47             | 45,67            | 67,39             | 254,40           |
| 36,96             | 50,85            | 66,60             | 249,30           |
| 38,29             | 55,87            | 66,12             | 244,30           |
| 39,79             | 60,96            | 65,04             | 239,20           |
| 40,76             | 66,08            | 64,84             | 234,20           |
| 41,83             | 71,17            | 64,26             | 229,10           |
| 42,74             | 76,28            | 63,21             | 224,10           |
| 44,02             | 81,31            | 62,71             | 219,00           |
| 44,56             | 86,51            | 62,19             | 214,00           |
| 45,78             | 91,53            | 61,71             | 208,90           |
| 46,72             | 96,63            | 61,24             | 203,90           |
| 47,62             | 101,70           | 60,36             | 198,80           |
| 48,35             | 106,90           | 60,15             | 193,80           |
| 49,03             | 111,90           | 59,89             | 188,70           |
| 50,23             | 117,00           | 58,41             | 183,60           |
| 51,10             | 122,10           | 58,20             | 178,60           |
| 52,03             | 127,20           | 57,72             | 173,50           |
| 52,74             | 132,30           | 56,30             | 168,50           |
| 53,37             | 137,40           | 57,00             | 163,40           |
| 54,03             | 142,50           | 55,69             | 158,30           |
| 54,65             | 147,60           | 55,37             | 153,30           |
| 55,85             | 152,70           | 54,46             | 148,30           |
| 56,15             | 157,80           | 53,46             | 143,10           |
| 57,03             | 162,90           | 52,89             | 138,20           |
| 57,52             | 167,90           | 51,89             | 133,10           |
| 57,62             | 173,00           | 51,39             | 128,00           |
| 58,73             | 178,20           | 50,62             | 122,90           |
| 59,15             | 183,30           | 49,66             | 117,80           |
| 59,72             | 188,30           | 49,00             | 112,70           |
| 60,05             | 193,50           | 47,75             | 107,70           |
| 61,14             | 198,60           | 47,03             | 102,60           |
| 61,64             | 203,60           | 46,43             | 97,51            |
| 62,27             | 208,70           | 45,45             | 92,46            |
| 62,46             | 213,80           | 43,96             | 87,38            |
| 63,27             | 218,90           | 43,13             | 82,29            |
| 63,99             | 224,00           | 42,59             | 77,23            |
| 64,21             | 229,10           | 41,47             | 72,15            |
| 64,61             | 234,20           | 40,30             | 67,09            |
| 65,35             | 239,30           | 38,77             | 62,01            |
| 65,83             | 244,40           | 37,37             | 56,92            |
| 66,52             | 249,40           | 35,67             | 51,83            |
| 67,06             | 254,50           | 35,78             | 46,78            |
| 67,51             | 259,60           | 34,17             | 41,69            |
| 68,07             | 264,80           | 32,32             | 36,59            |

|       |        |       |       |
|-------|--------|-------|-------|
| 68,63 | 269,90 | 31,06 | 31,55 |
| 68,85 | 275,00 | 29,33 | 26,45 |
| 69,53 | 280,10 | 27,37 | 21,40 |
| 69,72 | 285,10 | 25,05 | 16,31 |
| 70,80 | 290,30 | 22,09 | 11,25 |
| 71,71 | 295,50 | 17,71 | 6,11  |
| 71,95 | 300,00 | 8,63  | 1,07  |

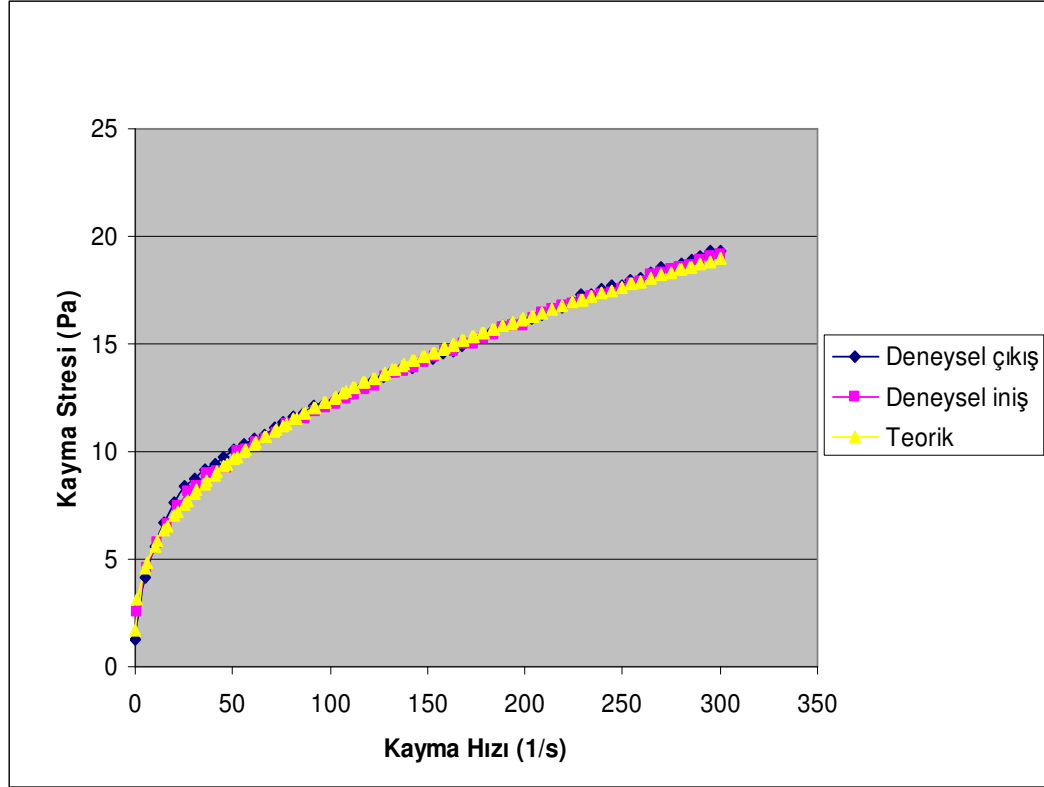


**Şekil A.3:** Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.4:** Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 4 ve 75 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 1,25              | 0,01199          | 19,18             | 299,9            |
| 4,135             | 5,071            | 19,09             | 294,9            |
| 5,605             | 10,17            | 18,93             | 289,8            |
| 6,729             | 15,19            | 18,65             | 284,8            |
| 7,593             | 20,29            | 18,54             | 279,7            |
| 8,427             | 25,39            | 18,44             | 274,7            |
| 8,711             | 30,49            | 18,34             | 269,6            |
| 9,119             | 35,5             | 18,23             | 264,5            |
| 9,381             | 40,61            | 17,92             | 259,5            |
| 9,738             | 45,72            | 17,81             | 254,5            |
| 10,11             | 50,82            | 17,58             | 249,4            |
| 10,35             | 55,93            | 17,36             | 244,4            |
| 10,59             | 61,03            | 17,33             | 239,3            |
| 10,8              | 66,14            | 17,18             | 234,2            |
| 11,08             | 71,24            | 17,01             | 229,2            |
| 11,33             | 76,26            | 16,83             | 224,2            |
| 11,57             | 81,37            | 16,78             | 219,1            |
| 11,75             | 86,47            | 16,58             | 214,1            |
| 12,1              | 91,57            | 16,44             | 209              |
| 12,19             | 96,6             | 16,15             | 203,9            |
| 12,41             | 101,7            | 15,88             | 198,9            |
| 12,66             | 106,8            | 15,81             | 193,8            |
| 12,69             | 111,9            | 15,79             | 188,8            |
| 13,02             | 117              | 15,46             | 183,8            |
| 13,27             | 122,1            | 15,26             | 178,7            |
| 13,45             | 127,2            | 15,04             | 173,6            |
| 13,71             | 132,2            | 14,99             | 168,6            |
| 13,91             | 137,4            | 14,69             | 163,6            |
| 13,94             | 142,5            | 14,62             | 158,5            |
| 14,25             | 147,6            | 14,38             | 153,4            |
| 14,35             | 152,7            | 14,15             | 148,4            |
| 14,55             | 157,8            | 13,92             | 143,4            |
| 14,67             | 162,8            | 13,69             | 138,3            |
| 14,91             | 167,9            | 13,61             | 133,2            |
| 15,15             | 173              | 13,46             | 128,1            |
| 15,3              | 178,1            | 13,07             | 123,1            |
| 15,57             | 183,1            | 12,89             | 118              |
| 15,85             | 188,3            | 12,6              | 112,9            |
| 15,93             | 193,3            | 12,44             | 107,8            |
| 16                | 198,4            | 12,22             | 102,8            |
| 16,2              | 203,5            | 12,02             | 97,72            |
| 16,32             | 208,6            | 11,86             | 92,67            |
| 16,63             | 213,7            | 11,56             | 87,59            |
| 16,71             | 218,9            | 11,48             | 82,5             |
| 16,92             | 223,9            | 11,23             | 77,42            |
| 17,25             | 229              | 10,86             | 72,38            |
| 17,32             | 234,1            | 10,62             | 67,33            |
| 17,52             | 239,2            | 10,45             | 62,23            |
| 17,68             | 244,3            | 10,12             | 57,13            |
| 17,75             | 249,3            | 9,994             | 52,04            |
| 17,93             | 254,4            | 9,27              | 46,99            |
| 18,07             | 259,5            | 9,087             | 41,89            |
| 18,3              | 264,6            | 8,976             | 36,84            |

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 18,55 | 269,6 | 8,368 | 31,74 |
| 18,5  | 274,8 | 8,133 | 26,65 |
| 18,69 | 279,9 | 7,422 | 21,6  |
| 18,92 | 285   | 6,619 | 16,5  |
| 19,05 | 290,2 | 5,798 | 11,4  |
| 19,3  | 295,2 | 4,536 | 6,306 |
| 19,3  | 300   | 2,57  | 1,251 |

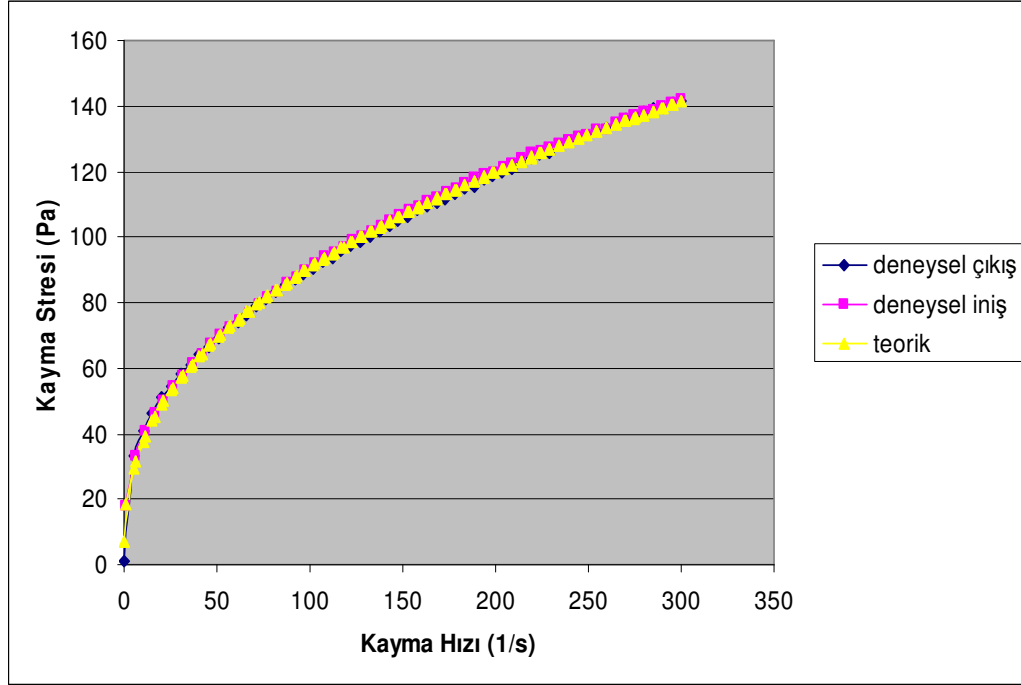


Şekil A.4: Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 4 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.5:** Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 3 ve 75 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 1,05              | 0,02             | 142,30            | 299,90           |
| 33,25             | 5,16             | 140,90            | 294,90           |
| 40,90             | 10,26            | 139,60            | 289,80           |
| 46,24             | 15,32            | 138,70            | 284,80           |
| 50,97             | 20,42            | 138,10            | 279,70           |
| 54,22             | 25,49            | 137,30            | 274,70           |
| 58,03             | 30,59            | 136,20            | 269,60           |
| 61,04             | 35,65            | 135,00            | 264,60           |
| 64,17             | 40,75            | 133,00            | 259,50           |
| 66,37             | 45,82            | 133,00            | 254,50           |
| 69,21             | 50,97            | 131,10            | 249,40           |
| 72,17             | 56,03            | 130,60            | 244,40           |
| 74,20             | 61,15            | 129,30            | 239,40           |
| 76,45             | 66,20            | 128,40            | 234,30           |
| 78,94             | 71,31            | 127,40            | 229,20           |
| 81,29             | 76,38            | 126,30            | 224,20           |
| 83,13             | 81,48            | 125,70            | 219,10           |
| 85,33             | 86,59            | 124,30            | 214,10           |
| 86,84             | 91,70            | 122,70            | 209,00           |
| 88,94             | 96,76            | 121,20            | 204,00           |
| 90,25             | 101,80           | 119,90            | 198,90           |
| 92,40             | 107,00           | 119,00            | 193,90           |
| 93,70             | 112,00           | 118,00            | 188,80           |
| 95,56             | 117,10           | 116,50            | 183,70           |
| 97,50             | 122,20           | 114,70            | 178,70           |
| 98,56             | 127,30           | 113,50            | 173,60           |
| 100,40            | 132,40           | 112,20            | 168,60           |
| 101,60            | 137,50           | 111,00            | 163,50           |
| 103,40            | 142,60           | 109,60            | 158,50           |
| 105,10            | 147,70           | 108,20            | 153,40           |
| 106,20            | 152,80           | 106,80            | 148,40           |
| 108,20            | 157,90           | 104,90            | 143,40           |
| 109,50            | 162,90           | 103,60            | 138,30           |
| 110,50            | 168,10           | 101,50            | 133,20           |
| 111,50            | 173,10           | 100,20            | 128,10           |
| 113,00            | 178,20           | 98,78             | 123,00           |
| 114,60            | 183,30           | 97,01             | 118,00           |
| 115,50            | 188,40           | 95,31             | 112,90           |
| 117,40            | 193,50           | 93,92             | 107,80           |
| 118,50            | 198,60           | 91,79             | 102,80           |
| 119,60            | 203,70           | 89,70             | 97,68            |
| 120,80            | 208,80           | 87,80             | 92,58            |
| 122,80            | 213,90           | 85,76             | 87,54            |
| 123,90            | 219,00           | 83,42             | 82,49            |
| 125,20            | 224,00           | 81,45             | 77,41            |
| 125,70            | 229,10           | 79,34             | 72,37            |
| 127,80            | 234,30           | 76,67             | 67,22            |
| 129,00            | 239,30           | 74,58             | 62,18            |
| 129,90            | 244,40           | 72,45             | 57,12            |
| 131,30            | 249,50           | 69,94             | 51,98            |
| 132,10            | 254,60           | 67,40             | 46,92            |
| 133,10            | 259,60           | 64,40             | 41,83            |
| 134,60            | 264,80           | 61,58             | 36,73            |
| 136,00            | 269,90           | 57,92             | 31,72            |

|        |        |       |       |
|--------|--------|-------|-------|
| 137,10 | 275,00 | 54,25 | 26,58 |
| 138,00 | 280,10 | 49,94 | 21,48 |
| 139,40 | 285,20 | 46,11 | 16,43 |
| 139,30 | 290,30 | 41,00 | 11,33 |
| 140,70 | 295,50 | 33,41 | 6,28  |
| 141,60 | 300,00 | 18,06 | 1,24  |

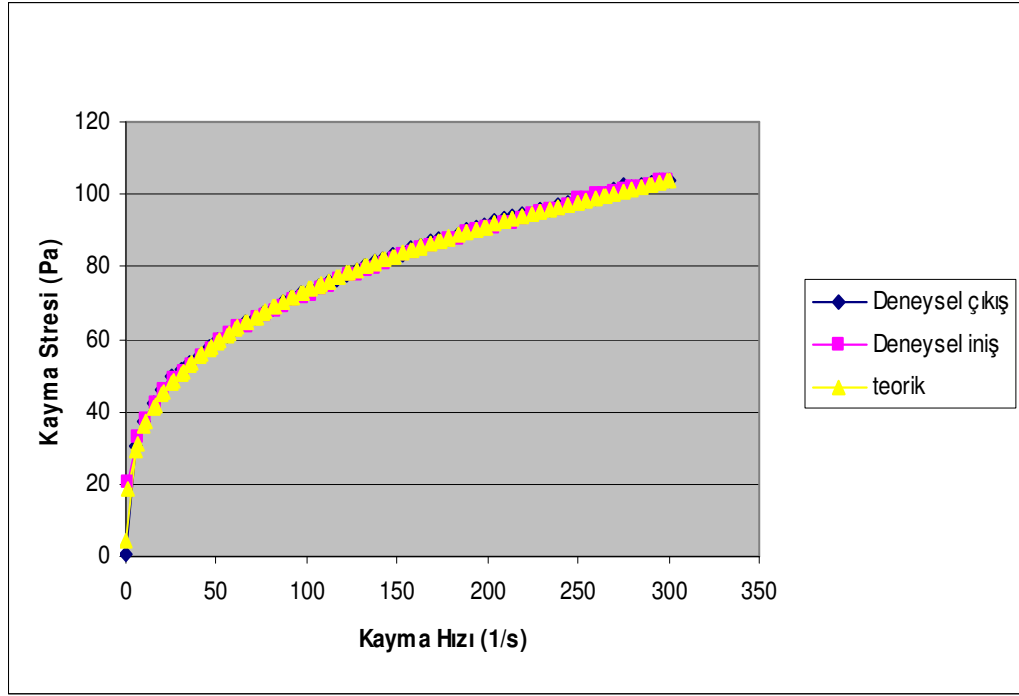


**Şekil A.5:** Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 3 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.6:** Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 25 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 0,406             | 0,004218         | 104               | 299,9            |
| 30,2              | 5,09             | 103,9             | 294,8            |
| 37,37             | 10,24            | 102,3             | 289,8            |
| 42,04             | 15,25            | 101,9             | 284,7            |
| 45,9              | 20,35            | 101,7             | 279,7            |
| 49,48             | 25,45            | 101,4             | 274,7            |
| 51,89             | 30,55            | 100,7             | 269,6            |
| 53,57             | 35,65            | 100,1             | 264,5            |
| 55,49             | 40,71            | 99,91             | 259,5            |
| 58,07             | 45,81            | 98,74             | 254,4            |
| 59,55             | 50,87            | 98,6              | 249,4            |
| 61,03             | 55,92            | 97,04             | 244,3            |
| 63,04             | 61,06            | 95,97             | 239,2            |
| 64,78             | 66,12            | 95,67             | 234,2            |
| 65,79             | 71,22            | 95,09             | 229,1            |
| 66,97             | 76,3             | 94,72             | 224,1            |
| 68,62             | 81,44            | 93,31             | 219              |
| 70,47             | 86,47            | 92,19             | 214              |
| 71,39             | 91,62            | 91,85             | 208,9            |
| 72,71             | 96,68            | 90,69             | 203,9            |
| 73,66             | 101,8            | 91                | 198,8            |
| 74,73             | 106,9            | 89,91             | 193,8            |
| 75,76             | 112              | 89,26             | 188,7            |
| 76,47             | 117              | 87,81             | 183,7            |
| 77,88             | 122,1            | 87,59             | 178,6            |
| 78,96             | 127,3            | 86,54             | 173,5            |
| 80,02             | 132,3            | 85,8              | 168,5            |
| 81,35             | 137,4            | 84,94             | 163,4            |
| 82,03             | 142,5            | 84,03             | 158,4            |
| 83,19             | 147,6            | 83,01             | 153,4            |
| 83,53             | 152,7            | 82,27             | 148,3            |
| 84,89             | 157,8            | 80,74             | 143,2            |
| 85,76             | 162,9            | 79,83             | 138,1            |
| 87,1              | 168              | 79,16             | 133              |
| 87,62             | 173,1            | 77,77             | 128              |
| 87,75             | 178,2            | 77,42             | 122,9            |
| 88,85             | 183,3            | 76,33             | 117,8            |
| 89,94             | 188,4            | 74,64             | 112,8            |
| 90,91             | 193,5            | 73,74             | 107,7            |
| 91,24             | 198,6            | 72,38             | 102,6            |
| 92,45             | 203,7            | 71,42             | 97,53            |
| 93,37             | 208,7            | 70,66             | 92,48            |
| 94,15             | 213,8            | 69,22             | 87,4             |
| 94,32             | 218,9            | 67,98             | 82,35            |
| 94,47             | 224              | 66,5              | 77,26            |
| 95,46             | 229,1            | 65,6              | 72,13            |
| 95,85             | 234,2            | 63,34             | 67,12            |
| 96,86             | 239,3            | 63,26             | 62,02            |
| 97,32             | 244,4            | 61,34             | 56,98            |
| 98,39             | 249,5            | 59,53             | 51,84            |
| 98,32             | 254,6            | 57,45             | 46,81            |
| 99,06             | 259,7            | 55,06             | 41,72            |
| 100               | 264,8            | 52,82             | 36,63            |

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 101,3 | 269,9 | 51,01 | 31,57 |
| 102,3 | 274,9 | 49,16 | 26,53 |
| 102   | 280,1 | 45,99 | 21,42 |
| 102,3 | 285,2 | 42,1  | 16,34 |
| 103   | 290,3 | 38,11 | 11,24 |
| 103,6 | 295,5 | 32,8  | 6,187 |
| 104   | 300   | 20,82 | 1,105 |

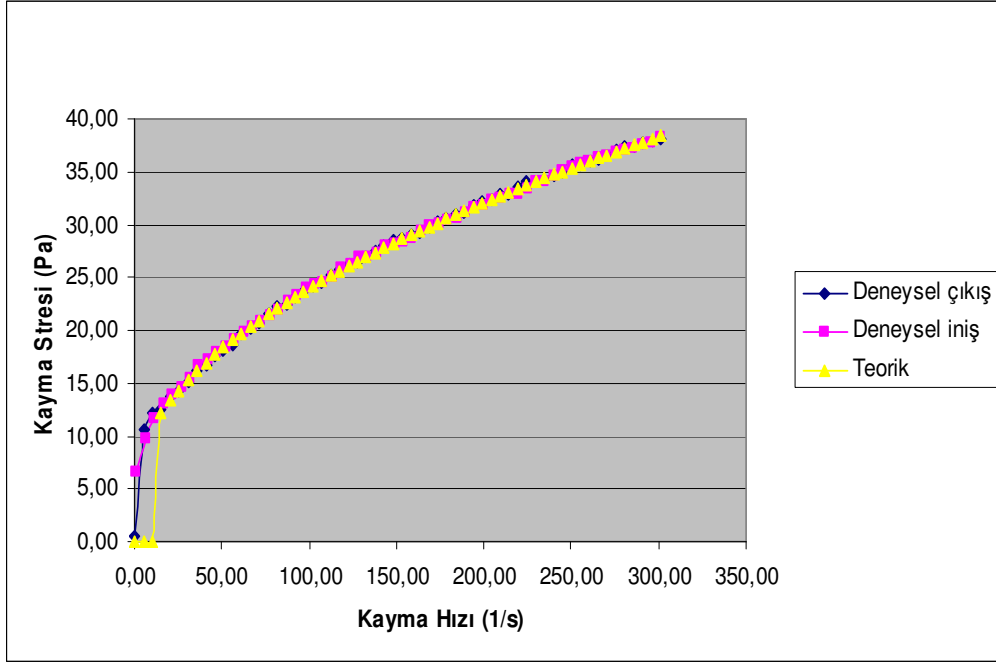


**Şekil A.6:** Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.7:** Ayva püresinin %10 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 1,342             | 0,02745          | 25,52             | 299,9            |
| 5,575             | 5,028            | 25,3              | 294,8            |
| 6,849             | 10,13            | 25,01             | 289,8            |
| 7,421             | 15,23            | 24,7              | 284,7            |
| 7,914             | 20,25            | 24,51             | 279,7            |
| 8,671             | 25,35            | 24,37             | 274,6            |
| 9,331             | 30,45            | 24,19             | 269,6            |
| 9,945             | 35,55            | 23,93             | 264,5            |
| 10,41             | 40,66            | 23,84             | 259,5            |
| 11,01             | 45,76            | 23,39             | 254,4            |
| 11,38             | 50,79            | 23,27             | 249,4            |
| 12                | 55,98            | 23,09             | 244,3            |
| 12,34             | 61               | 22,87             | 239,2            |
| 13                | 66,11            | 22,55             | 234,2            |
| 13,39             | 71,21            | 22,23             | 229,1            |
| 13,82             | 76,23            | 22,07             | 224,1            |
| 14,23             | 81,42            | 21,89             | 219,1            |
| 14,79             | 86,44            | 21,66             | 214              |
| 15,03             | 91,55            | 21,44             | 209              |
| 15,49             | 96,65            | 21,22             | 203,9            |
| 15,84             | 101,7            | 21,1              | 198,8            |
| 16,14             | 106,9            | 20,68             | 193,8            |
| 16,44             | 112              | 20,48             | 188,7            |
| 16,62             | 117              | 20,22             | 183,7            |
| 17,12             | 122,1            | 20,07             | 178,6            |
| 17,42             | 127,2            | 19,75             | 173,6            |
| 17,64             | 132,3            | 19,35             | 168,5            |
| 17,92             | 137,3            | 19,07             | 163,5            |
| 18,36             | 142,4            | 18,84             | 158,4            |
| 18,53             | 147,5            | 18,72             | 153,4            |
| 18,71             | 152,7            | 18,15             | 148,3            |
| 19                | 157,8            | 17,99             | 143,3            |
| 19,45             | 162,9            | 17,78             | 138,2            |
| 19,69             | 167,9            | 17,35             | 133,1            |
| 19,81             | 173              | 17,14             | 128,1            |
| 19,99             | 178,1            | 16,78             | 123              |
| 20,33             | 183,2            | 16,59             | 117,9            |
| 20,5              | 188,3            | 16,25             | 112,8            |
| 20,88             | 193,3            | 15,83             | 107,7            |
| 21,08             | 198,4            | 15,57             | 102,7            |
| 21,35             | 203,5            | 15,39             | 97,66            |
| 21,58             | 208,7            | 15,18             | 92,58            |
| 21,69             | 213,8            | 14,61             | 87,49            |
| 22,07             | 218,9            | 14,29             | 82,36            |
| 22,47             | 223,9            | 13,95             | 77,36            |
| 22,7              | 229              | 13,58             | 72,32            |
| 22,8              | 234,1            | 13,45             | 67,18            |
| 22,99             | 239,2            | 12,9              | 62,13            |
| 23,34             | 244,2            | 12,26             | 57,03            |
| 23,38             | 249,3            | 12,12             | 51,98            |
| 23,75             | 254,5            | 11,31             | 46,84            |
| 23,8              | 259,5            | 11,25             | 41,78            |
| 24,12             | 264,6            | 10,76             | 36,73            |

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 24,26 | 269,8 | 10,23 | 31,59 |
| 24,61 | 274,9 | 9,572 | 26,58 |
| 24,8  | 280   | 8,79  | 21,48 |
| 25,27 | 285,1 | 8,161 | 16,39 |
| 25,53 | 290,2 | 7,242 | 11,29 |
| 25,53 | 295,3 | 5,464 | 6,193 |
| 25,71 | 300   | 2,597 | 1,14  |

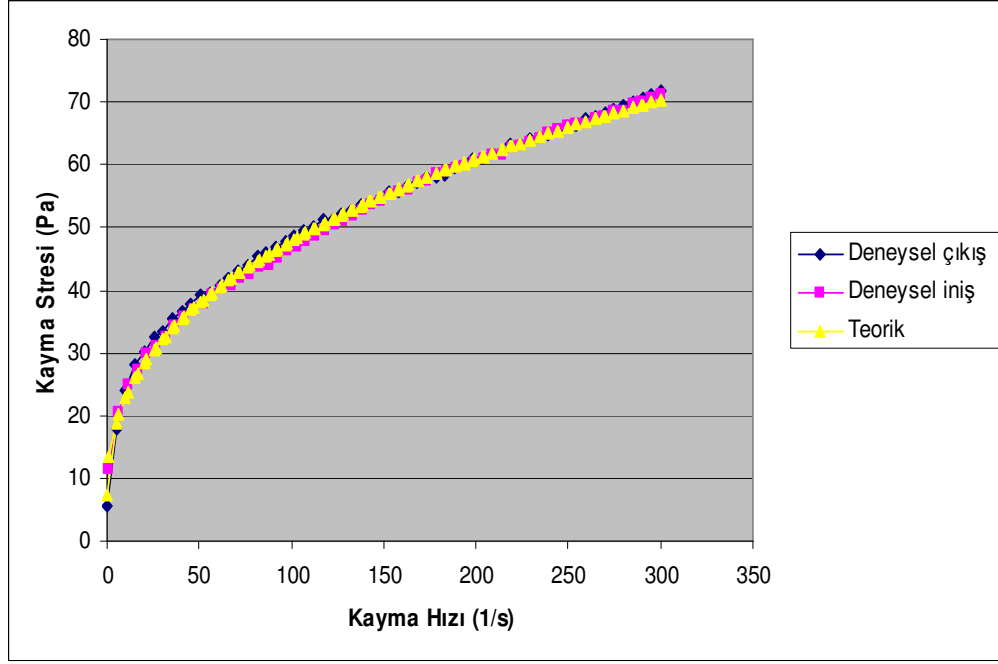


Şekil A.7: Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.8:** Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3 ve 50 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 5,66              | 0,01             | 71,24             | 299,90           |
| 17,94             | 4,98             | 70,76             | 294,90           |
| 24,07             | 10,09            | 70,02             | 289,80           |
| 28,08             | 15,19            | 69,64             | 284,80           |
| 30,29             | 20,30            | 68,69             | 279,70           |
| 32,49             | 25,40            | 68,62             | 274,60           |
| 33,55             | 30,51            | 67,80             | 269,60           |
| 35,49             | 35,51            | 67,28             | 264,60           |
| 36,68             | 40,63            | 66,47             | 259,50           |
| 37,74             | 45,74            | 66,52             | 254,50           |
| 39,16             | 50,85            | 66,20             | 249,40           |
| 39,54             | 55,95            | 65,58             | 244,40           |
| 40,74             | 61,06            | 65,06             | 239,30           |
| 41,88             | 66,16            | 64,12             | 234,30           |
| 42,94             | 71,26            | 63,65             | 229,20           |
| 44,06             | 76,29            | 62,97             | 224,10           |
| 45,34             | 81,39            | 62,59             | 219,10           |
| 46,05             | 86,51            | 61,65             | 214,00           |
| 46,93             | 91,53            | 61,61             | 209,00           |
| 47,80             | 96,63            | 61,05             | 203,90           |
| 48,75             | 101,70           | 60,39             | 198,90           |
| 49,44             | 106,80           | 59,76             | 193,80           |
| 50,20             | 111,90           | 59,53             | 188,80           |
| 51,20             | 117,10           | 58,77             | 183,80           |
| 51,35             | 122,20           | 58,67             | 178,70           |
| 52,21             | 127,30           | 57,53             | 173,60           |
| 52,87             | 132,30           | 57,06             | 168,60           |
| 53,72             | 137,40           | 56,04             | 163,60           |
| 53,84             | 142,50           | 55,70             | 158,50           |
| 54,55             | 147,50           | 55,10             | 153,50           |
| 55,57             | 152,70           | 54,11             | 148,40           |
| 55,81             | 157,70           | 53,75             | 143,30           |
| 56,47             | 162,80           | 52,65             | 138,20           |
| 57,23             | 167,90           | 51,86             | 133,20           |
| 57,89             | 173,10           | 50,91             | 128,10           |
| 58,15             | 178,20           | 50,35             | 123,10           |
| 58,21             | 183,30           | 49,52             | 118,00           |
| 59,57             | 188,30           | 48,66             | 112,90           |
| 60,06             | 193,40           | 47,82             | 107,80           |
| 60,85             | 198,50           | 46,91             | 102,80           |
| 60,94             | 203,50           | 46,25             | 97,68            |
| 61,95             | 208,60           | 45,23             | 92,64            |
| 62,16             | 213,70           | 43,95             | 87,51            |
| 63,23             | 218,80           | 43,67             | 82,46            |
| 63,29             | 223,90           | 42,46             | 77,42            |
| 64,09             | 229,00           | 41,84             | 72,33            |
| 64,49             | 234,20           | 40,73             | 67,28            |
| 64,86             | 239,20           | 40,26             | 62,19            |
| 65,33             | 244,30           | 39,15             | 57,09            |
| 66,23             | 249,40           | 37,80             | 52,00            |
| 66,11             | 254,50           | 37,05             | 46,94            |
| 67,38             | 259,60           | 35,74             | 41,85            |
| 67,80             | 264,60           | 34,37             | 36,79            |

|       |        |       |       |
|-------|--------|-------|-------|
| 68,37 | 269,70 | 32,57 | 31,69 |
| 68,76 | 274,80 | 31,03 | 26,60 |
| 69,42 | 279,90 | 29,91 | 21,49 |
| 70,08 | 285,10 | 27,17 | 16,48 |
| 70,76 | 290,20 | 24,78 | 11,35 |
| 71,15 | 295,30 | 20,39 | 6,25  |
| 71,74 | 300,00 | 11,29 | 1,20  |

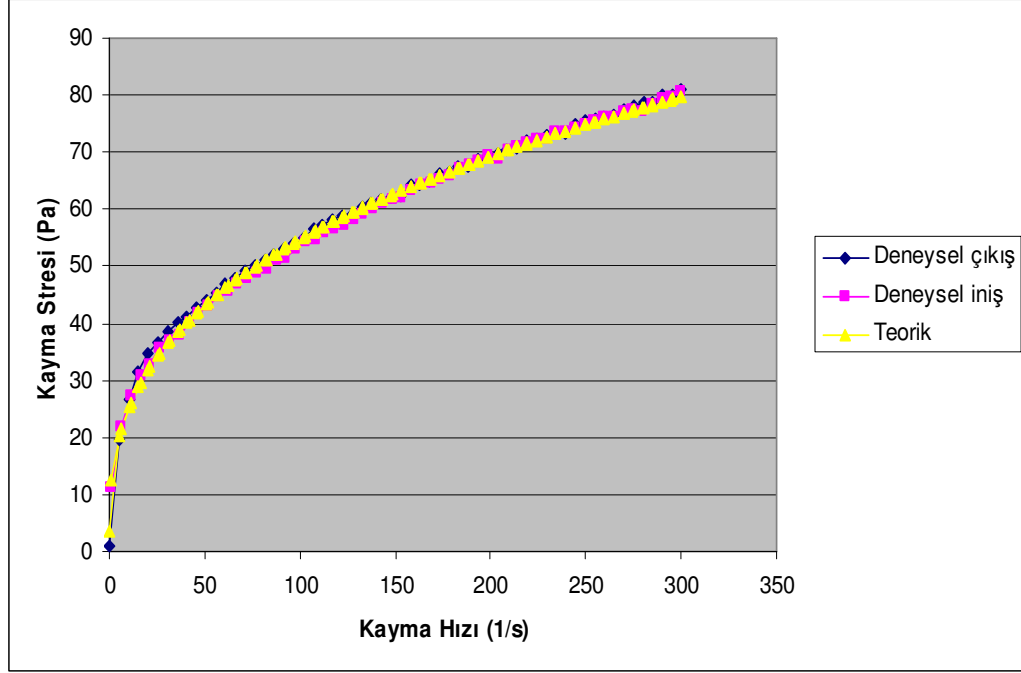


**Şekil A.8:** Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.9:** Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 4 ve 50 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 0,995             | 0,01425          | 80,68             | 300              |
| 19,51             | 5,166            | 79,77             | 294,9            |
| 26,75             | 10,27            | 79,32             | 289,8            |
| 31,6              | 15,33            | 78,53             | 284,8            |
| 34,73             | 20,39            | 77,27             | 279,7            |
| 36,56             | 25,54            | 77,41             | 274,7            |
| 38,64             | 30,55            | 77,05             | 269,7            |
| 40,07             | 35,74            | 76,27             | 264,6            |
| 41,15             | 40,79            | 76,02             | 259,5            |
| 42,77             | 45,87            | 75,47             | 254,5            |
| 44,15             | 50,97            | 74,96             | 249,4            |
| 45,36             | 56,04            | 74,12             | 244,4            |
| 46,91             | 61,11            | 73,56             | 239,3            |
| 47,84             | 66,24            | 73,5              | 234,2            |
| 49,09             | 71,32            | 72,34             | 229,2            |
| 50,3              | 76,41            | 72,24             | 224,1            |
| 51,17             | 81,49            | 71,58             | 219,1            |
| 52,22             | 86,58            | 70,88             | 214,1            |
| 52,96             | 91,64            | 70,52             | 209              |
| 53,89             | 96,76            | 68,94             | 203,9            |
| 54,97             | 101,9            | 69,31             | 198,9            |
| 56,46             | 107              | 68,53             | 193,8            |
| 57,1              | 112,1            | 67,94             | 188,8            |
| 58,31             | 117,1            | 67,06             | 183,7            |
| 58,87             | 122,2            | 65,83             | 178,7            |
| 59,09             | 127,3            | 65,27             | 173,6            |
| 60,37             | 132,4            | 64,59             | 168,6            |
| 61,09             | 137,5            | 64,24             | 163,5            |
| 61,69             | 142,6            | 63,24             | 158,5            |
| 62,1              | 147,7            | 62,19             | 153,4            |
| 62,45             | 152,8            | 61,61             | 148,4            |
| 64,4              | 157,9            | 60,96             | 143,3            |
| 64,29             | 162,9            | 60,1              | 138,3            |
| 64,9              | 168              | 59,15             | 133,2            |
| 66,14             | 173,1            | 58,18             | 128,1            |
| 66,56             | 178,2            | 57,21             | 123,1            |
| 67,42             | 183,3            | 56,42             | 117,9            |
| 67,38             | 188,4            | 55,89             | 112,9            |
| 68,67             | 193,5            | 54,59             | 107,8            |
| 69,28             | 198,6            | 54,34             | 102,7            |
| 69,75             | 203,7            | 53,13             | 97,73            |
| 70,48             | 208,7            | 51,44             | 92,6             |
| 70,81             | 213,9            | 50,95             | 87,51            |
| 71,9              | 219              | 49,48             | 82,48            |
| 72,36             | 224,1            | 48,94             | 77,43            |
| 73,08             | 229,1            | 47,81             | 72,34            |
| 73,36             | 234,2            | 46,8              | 67,24            |
| 73,38             | 239,3            | 45,66             | 62,19            |
| 74,92             | 244,4            | 44,61             | 57,09            |
| 75,58             | 249,5            | 42,94             | 52               |
| 75,8              | 254,6            | 41,74             | 46,9             |
| 76,3              | 259,7            | 40,07             | 41,81            |
| 76,66             | 264,8            | 37,96             | 36,79            |

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 77,36 | 269,8 | 36,97 | 31,7  |
| 78,01 | 274,9 | 35,72 | 26,65 |
| 78,67 | 280,1 | 32,76 | 21,51 |
| 78,82 | 285,2 | 30,9  | 16,41 |
| 80    | 290,2 | 27,45 | 11,36 |
| 80,01 | 295,5 | 21,76 | 6,303 |
| 80,95 | 300   | 11,4  | 1,213 |

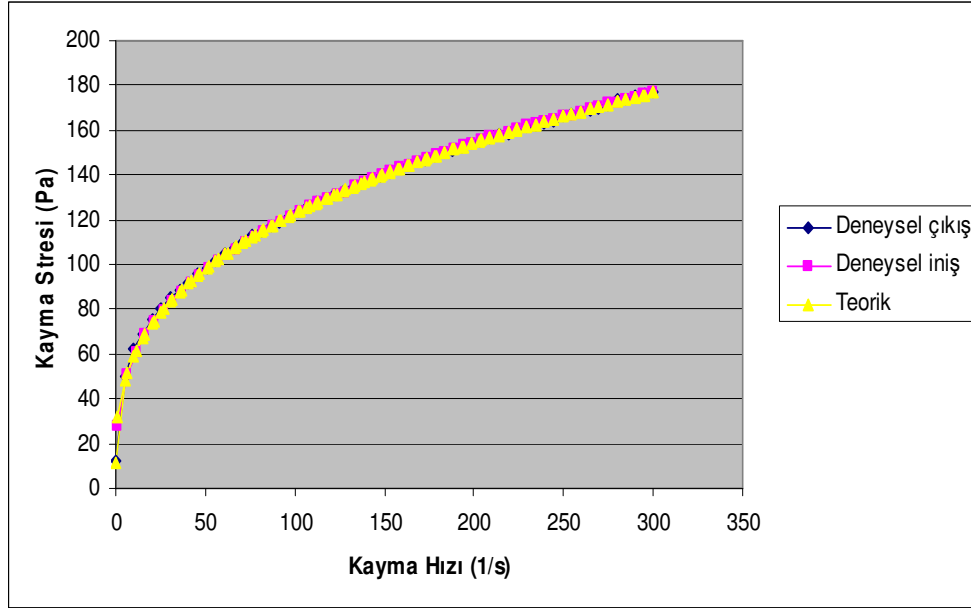


**Şekil A.9:** Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 4 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.10:** Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 12,50             | 0,01             | 176,80            | 300,00           |
| 49,61             | 5,00             | 176,00            | 294,90           |
| 62,20             | 10,12            | 174,80            | 289,80           |
| 69,23             | 15,15            | 173,90            | 284,80           |
| 75,52             | 20,26            | 172,50            | 279,80           |
| 80,52             | 25,36            | 172,00            | 274,70           |
| 84,96             | 30,45            | 170,40            | 269,60           |
| 88,76             | 35,56            | 169,40            | 264,60           |
| 91,94             | 40,68            | 168,00            | 259,60           |
| 96,00             | 45,77            | 166,70            | 254,50           |
| 98,65             | 50,80            | 166,00            | 249,50           |
| 101,50            | 55,90            | 164,60            | 244,40           |
| 105,20            | 61,01            | 164,00            | 239,30           |
| 107,70            | 66,11            | 163,10            | 234,30           |
| 109,90            | 71,12            | 161,90            | 229,30           |
| 113,00            | 76,32            | 160,70            | 224,20           |
| 114,50            | 81,35            | 158,70            | 219,10           |
| 117,30            | 86,46            | 157,70            | 214,10           |
| 119,20            | 91,56            | 157,20            | 209,00           |
| 121,70            | 96,67            | 155,90            | 204,00           |
| 124,10            | 101,80           | 154,00            | 198,90           |
| 125,50            | 106,80           | 152,90            | 193,90           |
| 127,60            | 111,90           | 151,50            | 188,80           |
| 129,80            | 117,00           | 150,10            | 183,80           |
| 131,10            | 122,10           | 148,80            | 178,70           |
| 132,90            | 127,10           | 147,60            | 173,70           |
| 134,80            | 132,30           | 146,10            | 168,60           |
| 136,10            | 137,40           | 144,60            | 163,60           |
| 138,80            | 142,50           | 143,30            | 158,50           |
| 139,40            | 147,60           | 142,00            | 153,50           |
| 141,30            | 152,70           | 140,20            | 148,40           |
| 143,10            | 157,80           | 138,50            | 143,40           |
| 144,40            | 162,80           | 136,60            | 138,30           |
| 145,50            | 167,90           | 134,90            | 133,20           |
| 146,90            | 173,00           | 132,30            | 128,10           |
| 148,00            | 178,10           | 131,40            | 123,10           |
| 149,90            | 183,20           | 129,30            | 118,00           |
| 151,00            | 188,30           | 127,90            | 112,90           |
| 152,60            | 193,30           | 125,90            | 107,90           |
| 153,70            | 198,40           | 123,70            | 102,80           |
| 154,60            | 203,60           | 121,10            | 97,76            |
| 156,30            | 208,70           | 119,00            | 92,63            |
| 157,80            | 213,70           | 117,40            | 87,59            |
| 158,60            | 218,90           | 114,90            | 82,55            |
| 159,90            | 223,90           | 112,50            | 77,46            |
| 161,10            | 229,00           | 109,80            | 72,37            |
| 162,50            | 234,10           | 106,50            | 67,28            |
| 163,50            | 239,20           | 104,50            | 62,23            |
| 164,30            | 244,20           | 101,60            | 57,07            |
| 166,30            | 249,30           | 98,68             | 52,07            |
| 167,30            | 254,50           | 95,34             | 46,98            |
| 167,90            | 259,60           | 91,42             | 41,89            |
| 169,20            | 264,70           | 87,37             | 36,83            |

|        |        |       |       |
|--------|--------|-------|-------|
| 169,90 | 269,80 | 83,88 | 31,74 |
| 171,30 | 274,80 | 79,81 | 26,63 |
| 173,40 | 279,90 | 74,48 | 21,54 |
| 173,80 | 285,00 | 68,78 | 16,53 |
| 175,40 | 290,20 | 60,57 | 11,39 |
| 175,90 | 295,30 | 51,05 | 6,34  |
| 177,10 | 300,00 | 27,86 | 1,23  |

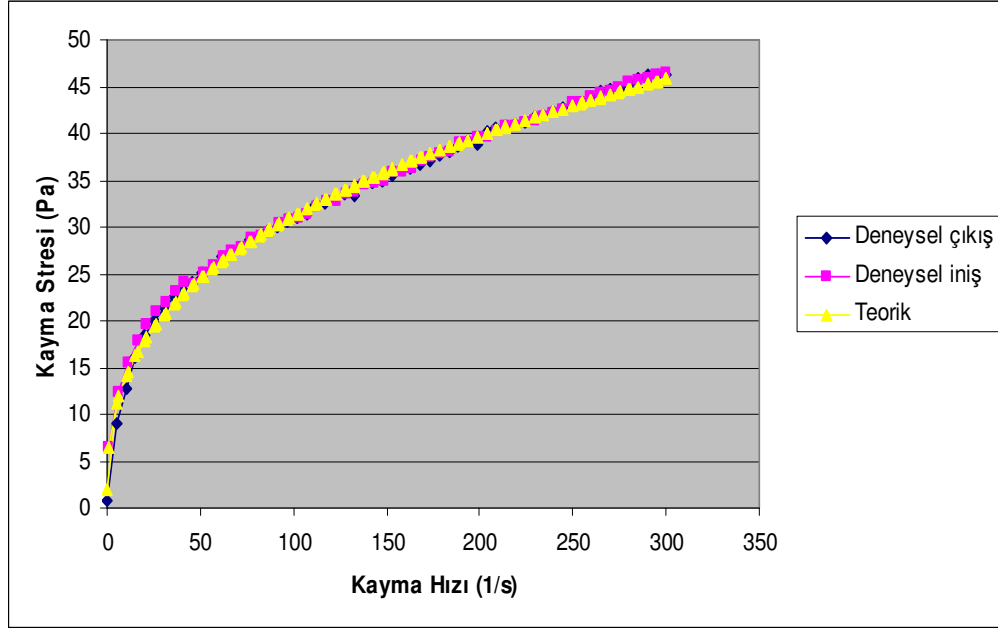


**Şekil A.10:** Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 3,5 ve 50 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.11:** Ayva püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 75 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 0,70              | 0,02             | 46,55             | 300,00           |
| 9,07              | 5,17             | 46,26             | 294,90           |
| 12,80             | 10,27            | 45,80             | 289,90           |
| 16,16             | 15,33            | 45,61             | 284,80           |
| 18,48             | 20,43            | 45,50             | 279,70           |
| 20,01             | 25,50            | 44,88             | 274,60           |
| 21,45             | 30,60            | 44,54             | 269,60           |
| 22,52             | 35,66            | 44,28             | 264,50           |
| 23,38             | 40,77            | 43,84             | 259,50           |
| 24,07             | 45,84            | 43,30             | 254,50           |
| 25,09             | 50,95            | 43,39             | 249,40           |
| 25,57             | 56,05            | 42,53             | 244,40           |
| 26,78             | 61,16            | 42,25             | 239,30           |
| 27,24             | 66,27            | 41,72             | 234,30           |
| 27,57             | 71,34            | 41,30             | 229,20           |
| 28,54             | 76,41            | 41,15             | 224,20           |
| 29,09             | 81,51            | 40,85             | 219,10           |
| 29,54             | 86,62            | 40,82             | 214,00           |
| 29,98             | 91,73            | 40,15             | 209,00           |
| 30,64             | 96,80            | 39,63             | 203,90           |
| 31,04             | 101,90           | 39,54             | 198,90           |
| 31,39             | 107,00           | 38,96             | 193,80           |
| 32,37             | 112,10           | 39,04             | 188,80           |
| 32,60             | 117,20           | 38,06             | 183,70           |
| 32,93             | 122,30           | 37,89             | 178,70           |
| 33,53             | 127,40           | 37,43             | 173,60           |
| 33,42             | 132,50           | 37,11             | 168,50           |
| 34,62             | 137,60           | 36,35             | 163,50           |
| 34,77             | 142,60           | 35,85             | 158,50           |
| 34,87             | 147,70           | 35,80             | 153,40           |
| 35,46             | 152,80           | 34,99             | 148,30           |
| 36,00             | 157,90           | 34,66             | 143,20           |
| 36,32             | 163,00           | 34,44             | 138,20           |
| 36,73             | 168,10           | 33,77             | 133,10           |
| 37,00             | 173,30           | 33,46             | 128,00           |
| 37,73             | 178,30           | 32,80             | 123,00           |
| 38,06             | 183,40           | 32,68             | 117,90           |
| 38,58             | 188,50           | 32,11             | 112,80           |
| 39,14             | 193,60           | 31,44             | 107,70           |
| 38,91             | 198,70           | 30,94             | 102,60           |
| 40,10             | 203,80           | 30,73             | 97,65            |
| 40,52             | 208,80           | 30,46             | 92,56            |
| 40,76             | 213,90           | 29,46             | 87,47            |
| 41,05             | 219,00           | 29,03             | 82,38            |
| 41,10             | 224,10           | 28,73             | 77,34            |
| 41,76             | 229,30           | 27,81             | 72,21            |
| 41,89             | 234,30           | 27,50             | 67,20            |
| 42,44             | 239,40           | 26,82             | 62,09            |
| 42,71             | 244,50           | 25,92             | 56,99            |
| 43,32             | 249,60           | 25,06             | 51,89            |
| 43,38             | 254,70           | 24,01             | 46,83            |
| 43,98             | 259,80           | 24,08             | 41,74            |
| 44,48             | 264,90           | 23,14             | 36,68            |

|       |        |       |       |
|-------|--------|-------|-------|
| 44,70 | 270,00 | 22,01 | 31,54 |
| 44,65 | 275,10 | 20,91 | 26,48 |
| 45,39 | 280,20 | 19,64 | 21,43 |
| 45,85 | 285,30 | 17,77 | 16,33 |
| 46,25 | 290,40 | 15,56 | 11,23 |
| 46,19 | 295,60 | 12,34 | 6,18  |
| 46,37 | 300,00 | 6,53  | 1,08  |

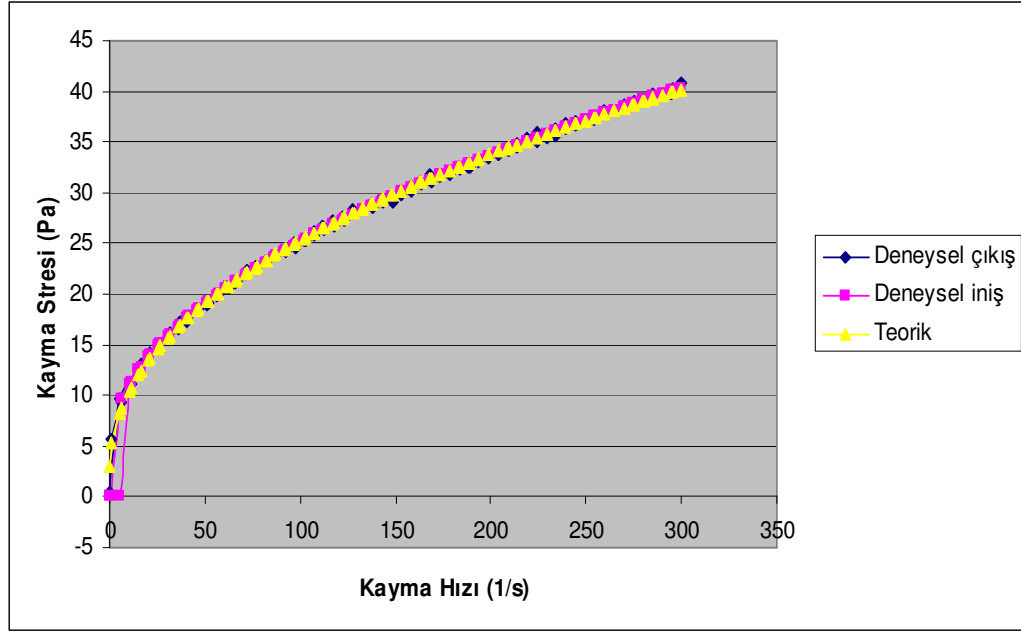


Şekil A.11: Ayva Püresinin %14 konsantrasyon, pH 3,5 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.12:** Ayva püresinin %10 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 0,38              | 0,04             | 40,91             | 300,00           |
| 9,75              | 5,15             | 39,78             | 294,90           |
| 11,29             | 10,25            | 39,69             | 289,80           |
| 12,50             | 15,35            | 39,52             | 284,80           |
| 13,63             | 20,45            | 39,25             | 279,70           |
| 14,53             | 25,46            | 38,76             | 274,70           |
| 15,77             | 30,61            | 38,64             | 269,60           |
| 16,54             | 35,62            | 38,20             | 264,60           |
| 17,37             | 40,76            | 37,73             | 259,50           |
| 18,36             | 45,82            | 37,25             | 254,50           |
| 18,97             | 50,92            | 37,08             | 249,40           |
| 19,87             | 55,98            | 36,71             | 244,40           |
| 20,46             | 61,08            | 36,30             | 239,20           |
| 21,13             | 66,18            | 35,58             | 234,20           |
| 22,01             | 71,28            | 35,43             | 229,20           |
| 22,76             | 76,34            | 35,12             | 224,10           |
| 23,21             | 81,45            | 35,05             | 219,10           |
| 23,77             | 86,52            | 34,49             | 214,00           |
| 24,42             | 91,67            | 34,15             | 209,00           |
| 25,05             | 96,74            | 33,85             | 203,90           |
| 25,31             | 101,80           | 33,47             | 198,90           |
| 26,21             | 106,90           | 33,07             | 193,80           |
| 26,72             | 112,00           | 32,47             | 188,70           |
| 27,19             | 117,10           | 32,31             | 183,60           |
| 27,61             | 122,20           | 31,79             | 178,60           |
| 28,36             | 127,30           | 31,65             | 173,60           |
| 28,42             | 132,40           | 31,04             | 168,50           |
| 28,88             | 137,50           | 30,91             | 163,40           |
| 29,15             | 142,60           | 30,15             | 158,40           |
| 29,61             | 147,70           | 29,83             | 153,40           |
| 30,10             | 152,80           | 29,10             | 148,30           |
| 30,63             | 157,90           | 29,01             | 143,30           |
| 31,04             | 162,90           | 28,49             | 138,20           |
| 31,71             | 168,00           | 28,26             | 133,10           |
| 31,73             | 173,10           | 27,90             | 128,00           |
| 32,11             | 178,20           | 27,18             | 123,00           |
| 32,44             | 183,30           | 26,70             | 117,90           |
| 32,58             | 188,40           | 26,35             | 112,80           |
| 33,19             | 193,50           | 25,79             | 107,70           |
| 33,59             | 198,60           | 25,31             | 102,70           |
| 33,85             | 203,70           | 24,49             | 97,59            |
| 34,27             | 208,70           | 24,14             | 92,49            |
| 34,80             | 213,90           | 23,88             | 87,45            |
| 35,39             | 219,00           | 23,22             | 82,31            |
| 35,99             | 224,10           | 22,66             | 77,27            |
| 35,76             | 229,20           | 22,27             | 72,18            |
| 36,32             | 234,30           | 21,34             | 67,13            |
| 36,87             | 239,40           | 20,61             | 62,04            |
| 37,01             | 244,40           | 20,00             | 56,99            |
| 37,30             | 249,50           | 19,11             | 51,91            |
| 37,48             | 254,60           | 18,60             | 46,86            |
| 38,16             | 259,80           | 17,84             | 41,77            |
| 38,04             | 264,80           | 17,28             | 36,68            |

|       |        |       |       |
|-------|--------|-------|-------|
| 38,51 | 269,90 | 16,23 | 31,63 |
| 38,95 | 275,00 | 15,02 | 26,50 |
| 39,26 | 280,10 | 14,17 | 21,44 |
| 39,70 | 285,30 | 13,03 | 16,38 |
| 39,83 | 290,40 | 11,14 | 11,29 |
| 40,31 | 295,50 | 9,35  | 6,20  |
| 40,76 | 300,00 | 5,74  | 1,14  |

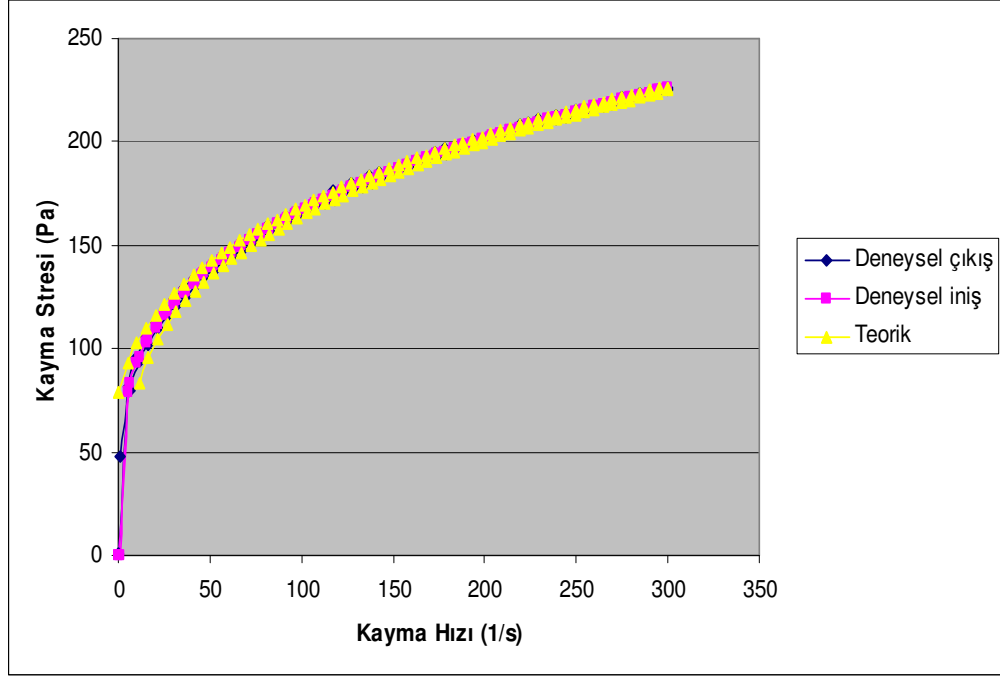


**Şekil A.12:** Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 4 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.13:** Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 0,63              | 0,00             | 225,30            | 299,90           |
| 81,16             | 5,09             | 225,30            | 294,90           |
| 95,87             | 10,16            | 223,20            | 289,80           |
| 105,80            | 15,28            | 222,20            | 284,80           |
| 112,20            | 20,37            | 220,40            | 279,70           |
| 117,40            | 25,47            | 219,60            | 274,70           |
| 123,70            | 30,57            | 218,50            | 269,60           |
| 129,20            | 35,58            | 217,40            | 264,60           |
| 133,80            | 40,73            | 216,80            | 259,50           |
| 136,20            | 45,86            | 214,70            | 254,40           |
| 140,10            | 50,90            | 213,60            | 249,40           |
| 144,30            | 56,01            | 212,10            | 244,40           |
| 146,40            | 61,14            | 211,20            | 239,30           |
| 150,60            | 66,13            | 210,20            | 234,20           |
| 153,30            | 71,41            | 208,10            | 229,20           |
| 156,00            | 76,36            | 208,00            | 224,20           |
| 159,30            | 81,41            | 206,80            | 219,10           |
| 161,50            | 86,55            | 205,50            | 214,00           |
| 163,70            | 91,64            | 203,20            | 209,00           |
| 166,40            | 96,74            | 201,70            | 203,90           |
| 167,80            | 101,80           | 201,60            | 198,90           |
| 170,60            | 106,80           | 200,30            | 193,90           |
| 172,70            | 112,00           | 198,50            | 188,80           |
| 176,30            | 117,10           | 195,90            | 183,70           |
| 176,50            | 122,10           | 194,50            | 178,70           |
| 179,60            | 127,20           | 192,20            | 173,70           |
| 180,70            | 132,40           | 191,70            | 168,60           |
| 183,10            | 137,40           | 189,60            | 163,60           |
| 185,00            | 142,60           | 188,00            | 158,40           |
| 186,60            | 147,60           | 186,30            | 153,40           |
| 187,70            | 152,70           | 184,50            | 148,40           |
| 189,90            | 157,80           | 182,20            | 143,30           |
| 191,40            | 162,90           | 180,40            | 138,30           |
| 192,40            | 168,00           | 178,10            | 133,20           |
| 194,80            | 173,10           | 177,00            | 128,10           |
| 196,40            | 178,10           | 175,20            | 123,00           |
| 197,60            | 183,30           | 172,40            | 118,00           |
| 198,90            | 188,30           | 170,40            | 112,90           |
| 200,50            | 193,40           | 169,10            | 107,80           |
| 201,20            | 198,50           | 167,10            | 102,80           |
| 202,40            | 203,60           | 163,80            | 97,69            |
| 205,00            | 208,70           | 161,30            | 92,58            |
| 205,60            | 213,80           | 159,40            | 87,53            |
| 207,90            | 218,90           | 156,50            | 82,49            |
| 208,90            | 223,90           | 153,00            | 77,44            |
| 211,30            | 229,00           | 150,90            | 72,31            |
| 210,50            | 234,10           | 147,60            | 67,26            |
| 212,70            | 239,20           | 144,60            | 62,20            |
| 213,70            | 244,40           | 142,10            | 57,12            |
| 215,30            | 249,40           | 137,70            | 52,02            |
| 215,80            | 254,50           | 134,80            | 46,96            |
| 217,50            | 259,60           | 129,90            | 41,92            |
| 218,50            | 264,60           | 125,10            | 36,78            |

|        |        |        |       |
|--------|--------|--------|-------|
| 219,00 | 269,80 | 121,00 | 31,68 |
| 221,40 | 274,90 | 116,10 | 26,62 |
| 221,60 | 280,00 | 110,30 | 21,53 |
| 223,00 | 285,10 | 102,00 | 16,47 |
| 224,50 | 290,20 | 94,09  | 11,38 |
| 224,60 | 295,30 | 80,15  | 6,29  |
| 226,40 | 300,00 | 47,91  | 1,24  |

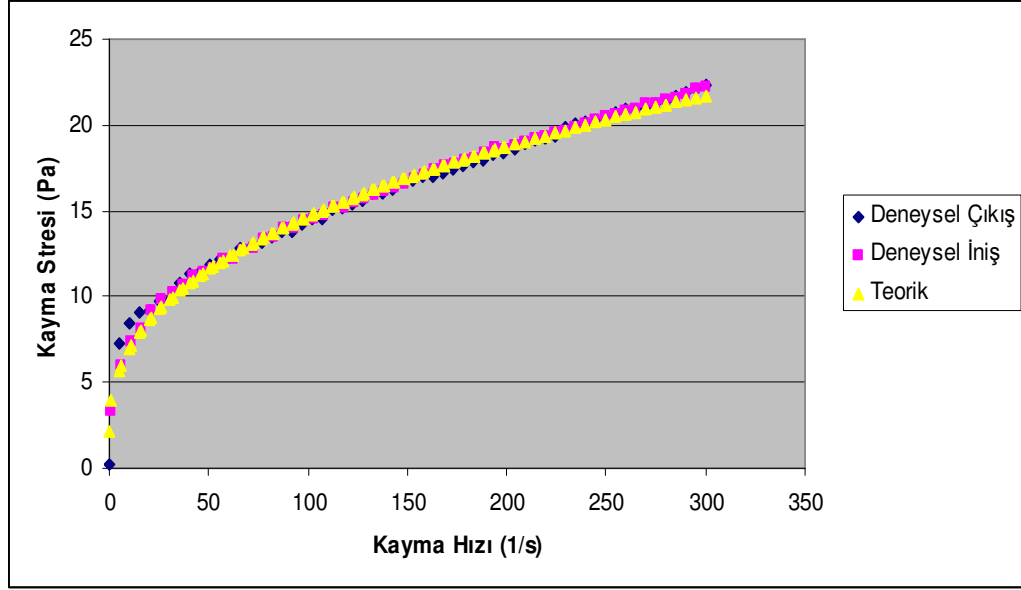


Şekil A.13: Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 3 ve 25 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.14:** Ayva püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 75 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 0,24              | 0,02             | 22,23             | 299,90           |
| 7,29              | 5,12             | 22,14             | 294,80           |
| 8,47              | 10,18            | 21,75             | 289,80           |
| 9,03              | 15,32            | 21,56             | 284,80           |
| 9,15              | 20,34            | 21,49             | 279,70           |
| 9,70              | 25,48            | 21,29             | 274,60           |
| 9,84              | 30,59            | 21,21             | 269,60           |
| 10,78             | 35,69            | 20,93             | 264,50           |
| 11,29             | 40,75            | 20,82             | 259,50           |
| 11,41             | 45,86            | 20,61             | 254,50           |
| 11,86             | 50,93            | 20,51             | 249,40           |
| 12,17             | 55,99            | 20,25             | 244,30           |
| 12,26             | 61,09            | 20,13             | 239,30           |
| 12,80             | 66,20            | 19,91             | 234,20           |
| 12,97             | 71,31            | 19,70             | 229,20           |
| 13,09             | 76,37            | 19,53             | 224,10           |
| 13,50             | 81,44            | 19,36             | 219,00           |
| 13,79             | 86,54            | 19,22             | 214,00           |
| 13,77             | 91,65            | 19,05             | 209,00           |
| 14,20             | 96,76            | 18,79             | 203,90           |
| 14,50             | 101,90           | 18,61             | 198,80           |
| 14,53             | 106,90           | 18,66             | 193,80           |
| 15,08             | 112,00           | 18,34             | 188,80           |
| 15,18             | 117,10           | 18,08             | 183,70           |
| 15,42             | 122,20           | 18,00             | 178,60           |
| 15,62             | 127,30           | 17,78             | 173,60           |
| 16,00             | 132,40           | 17,67             | 168,50           |
| 16,04             | 137,50           | 17,44             | 163,50           |
| 16,22             | 142,50           | 17,12             | 158,50           |
| 16,63             | 147,70           | 16,91             | 153,40           |
| 16,74             | 152,70           | 16,60             | 148,30           |
| 16,98             | 157,80           | 16,34             | 143,20           |
| 16,99             | 162,90           | 16,13             | 138,20           |
| 17,22             | 168,00           | 15,90             | 133,20           |
| 17,43             | 173,10           | 15,72             | 128,00           |
| 17,68             | 178,20           | 15,50             | 123,00           |
| 17,81             | 183,30           | 15,21             | 117,90           |
| 17,99             | 188,40           | 15,14             | 112,80           |
| 18,25             | 193,40           | 14,76             | 107,80           |
| 18,34             | 198,50           | 14,49             | 102,70           |
| 18,57             | 203,70           | 14,39             | 97,67            |
| 18,88             | 208,80           | 13,97             | 92,58            |
| 19,12             | 213,90           | 13,96             | 87,49            |
| 19,24             | 219,00           | 13,48             | 82,41            |
| 19,39             | 224,00           | 13,34             | 77,36            |
| 19,87             | 229,10           | 12,82             | 72,31            |
| 20,11             | 234,20           | 12,68             | 67,18            |
| 20,14             | 239,30           | 12,20             | 62,12            |
| 20,26             | 244,40           | 12,23             | 57,03            |
| 20,48             | 249,40           | 11,68             | 51,97            |
| 20,69             | 254,50           | 11,40             | 46,88            |
| 20,90             | 259,70           | 11,23             | 41,78            |
| 20,95             | 264,80           | 10,70             | 36,72            |

|       |        |       |       |
|-------|--------|-------|-------|
| 21,10 | 269,80 | 10,28 | 31,63 |
| 21,25 | 274,90 | 9,87  | 26,53 |
| 21,42 | 280,00 | 9,19  | 21,43 |
| 21,74 | 285,20 | 8,14  | 16,38 |
| 21,92 | 290,30 | 7,38  | 11,28 |
| 22,11 | 295,40 | 5,98  | 6,19  |
| 22,34 | 300,00 | 3,33  | 1,13  |

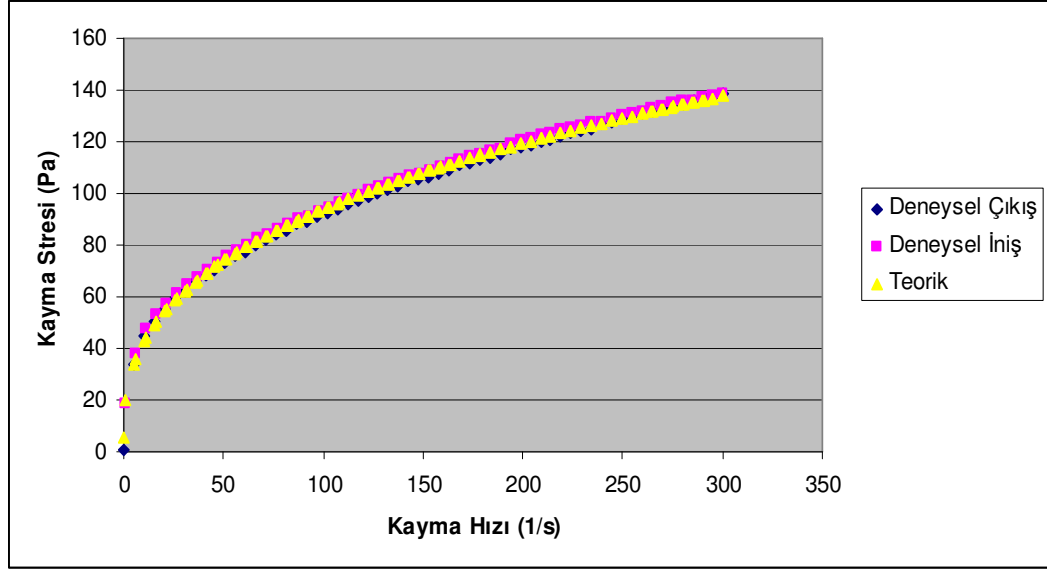


**Şekil A.14:** Ayva Püresinin %10 konsantrasyon, pH 3 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

**Tablo A.15:** Ayva püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 75 °C sıcaklıktaki kayma stresi (Pa) ve kayma hızı (1/s) verileri

| Çıkış (0-300 1/s) |                  | İniş (300-0 1/s)  |                  |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] | Kayma Stresi (Pa) | Kayma Hızı [1/s] |
| 0,96              | 0,01             | 138,30            | 300,00           |
| 33,58             | 5,14             | 138,00            | 294,90           |
| 45,14             | 10,21            | 137,10            | 289,80           |
| 50,32             | 15,36            | 136,20            | 284,80           |
| 55,08             | 20,42            | 135,60            | 279,70           |
| 59,28             | 25,53            | 135,10            | 274,70           |
| 62,04             | 30,59            | 133,80            | 269,60           |
| 65,92             | 35,69            | 133,00            | 264,60           |
| 68,38             | 40,80            | 131,60            | 259,50           |
| 70,53             | 45,87            | 130,90            | 254,50           |
| 72,98             | 50,97            | 130,20            | 249,40           |
| 75,61             | 56,03            | 128,80            | 244,30           |
| 77,51             | 61,14            | 127,70            | 239,30           |
| 79,84             | 66,22            | 127,30            | 234,20           |
| 82,21             | 71,38            | 126,50            | 229,20           |
| 83,86             | 76,43            | 125,20            | 224,10           |
| 85,69             | 81,54            | 124,50            | 219,10           |
| 88,20             | 86,61            | 123,70            | 214,00           |
| 88,87             | 91,73            | 122,50            | 208,90           |
| 90,93             | 96,83            | 121,50            | 204,00           |
| 92,47             | 101,90           | 120,40            | 198,90           |
| 93,94             | 107,00           | 119,50            | 193,80           |
| 95,86             | 112,10           | 117,40            | 188,80           |
| 97,11             | 117,20           | 116,30            | 183,70           |
| 98,64             | 122,30           | 115,10            | 178,70           |
| 100,30            | 127,30           | 114,20            | 173,60           |
| 101,60            | 132,50           | 112,80            | 168,50           |
| 102,70            | 137,50           | 112,00            | 163,50           |
| 104,60            | 142,70           | 110,50            | 158,40           |
| 105,40            | 147,70           | 109,30            | 153,40           |
| 106,30            | 152,80           | 107,90            | 148,30           |
| 107,90            | 157,90           | 107,00            | 143,20           |
| 109,30            | 163,00           | 105,30            | 138,20           |
| 110,90            | 168,10           | 104,40            | 133,10           |
| 111,50            | 173,20           | 103,00            | 128,10           |
| 113,10            | 178,30           | 101,60            | 122,90           |
| 114,10            | 183,40           | 99,65             | 117,90           |
| 115,40            | 188,50           | 97,91             | 112,80           |
| 117,00            | 193,60           | 96,72             | 107,80           |
| 117,70            | 198,70           | 94,73             | 102,70           |
| 118,70            | 203,80           | 92,96             | 97,59            |
| 119,90            | 208,90           | 91,33             | 92,55            |
| 120,90            | 213,90           | 90,19             | 87,50            |
| 122,30            | 219,00           | 88,25             | 82,40            |
| 123,60            | 224,10           | 86,32             | 77,31            |
| 124,10            | 229,20           | 84,15             | 72,22            |
| 125,10            | 234,40           | 83,00             | 67,17            |
| 126,80            | 239,40           | 80,11             | 62,08            |
| 127,80            | 244,50           | 77,99             | 56,97            |
| 129,10            | 249,60           | 75,92             | 51,88            |
| 130,00            | 254,70           | 73,16             | 46,78            |

|        |        |       |       |
|--------|--------|-------|-------|
| 131,30 | 259,80 | 70,01 | 41,68 |
| 131,80 | 264,90 | 67,65 | 36,62 |
| 133,40 | 270,00 | 64,87 | 31,56 |
| 133,90 | 275,10 | 61,56 | 26,47 |
| 134,60 | 280,10 | 57,50 | 21,41 |
| 136,20 | 285,30 | 53,23 | 16,27 |
| 136,90 | 290,50 | 47,72 | 11,21 |
| 137,50 | 295,50 | 38,05 | 6,17  |
| 138,70 | 300,00 | 18,65 | 1,09  |



**Şekil A.15:** Ayva Püresinin %18 konsantrasyon, pH 4 ve 75 °C sıcaklıktaki akış eğrisi

## **ÖZGEÇMİŞ**

Bilge ARIKAN, 1983 yılında İstanbul’da doğdu. Orta öğretimini Yeşilköy Anadolu Lisesi’nde tamamladı. İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünden 2006 yılında mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.