

**T.C.**  
**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SUMAK EKŞİLERİNE YAPILAN TAĞŞIŞIN PCA ANALİZİ VE FTIR-ATR**  
**SPEKTROSKOPİSİ VERİLERİ KULLANILARAK KEMOMETRİK**  
**YAKLAŞIMLARLA BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**Emrah ÖZTÜRK**

**TEMMUZ-2024**

**GÜMÜŞHANE**



**T.C.  
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SUMAK EKŞİLERİNE YAPILAN TAĞŞIŞIN PCA ANALİZİ VE FTIR-ATR  
SPEKTROSKOPİSİ VERİLERİ KULLANILARAK KEMOMETRİK  
YAKLAŞIMLARLA BELİRLENMESİ**

**DETERMINATION OF ADULTERY IN SUMACH SOURS WITH  
CHEMOMETRIC APPROACHES USING PCA ANALYSIS AND FTIR-ATR  
SPECTROSCOPY DATA**

**YÜKSEK LİSANS**

**Emrah ÖZTÜRK**

**TEMMUZ-2024  
GÜMÜŞHANE**



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SUMAK EKŞİLERİNE YAPILAN TAĞŞIŞIN PCA ANALİZİ VE FTIR-ATR  
SPEKTROSKOPİSİ VERİLERİ KULLANILARAK KEMOMETRİK  
YAKLAŞIMLARLA BELİRLENMESİ**

**DETERMINATION OF ADULTERY IN SUMACH SOURS WITH  
CHEMOMETRIC APPROACHES USING PCA ANALYSIS AND FTIR-ATR  
SPECTROSCOPY DATA**

**YÜKSEK LİSANS**

**Emrah ÖZTÜRK**

**Danışman: Prof. Dr. Cemalettin BALTACI**

**TEMMUZ-2024  
GÜMÜŞHANE**



## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

**Yüksek Lisans Tezi** olarak hazırlamış olduğum “**Sumak Ekşilerine Yapılan Tağşişin PCA Analizi Ve FTIR-ATR Spektroskopisi Verileri Kullanılarak Kemometrik Yaklaşımlarla Belirlenmesi**” başlıklı Yüksek Lisans Tezimin tamamen kendi eserim olduğunu, alıntılanan her içeriğin kaynağının gösterildiğini, alıntı yapılan tüm çalışmaların kaynakça bölümünde yer aldığını ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı intihal yazılımı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu standartlara uygun şekilde raporlandığını beyan ederim. Ayrıca, tezimin hem kâğıt hem de elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde muhafaza edilmesine izin verdiğimi bildiririm. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği gereğince ilgili işlemlerin yapılmasını arz ediyorum.

09/07/2024

.....

**Emrah ÖZTÜRK**

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında emeğini, bilgisini, hoşgörüsünü, samimiyetini ve desteğini hiç esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cemalettin BALTACI' ya tezime ve gelecekteki hayatıma sunduğu katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazımı sürecinde bana manevi desteği olan öncelikle eşim Sevgi ÖZTÜRK ve kızım Alya ÖZTÜRK 'e tabiki her zaman yanımda olan annem Yüksel ÖZTÜRK ve babam Mazlum ÖZTÜRK'e teşekkür ederim

**Emrah ÖZTÜRK**  
**GÜMÜŞHANE-2024**

## ÖZET

Son yıllarda sumağa artan talep ve ekonomik çıkarların firmaların yasa dışı yollardan bazı hileler sonucunu ortaya çıkardı. Bunlardan en yaygını işlenmiş gıdalara katılan ucuz ticari tatlandırıcılardır. Bu ilave şekerleri piyasa örnekleri ve ticari şekerler (invert Şeker ,Glikoz ve sakkaroz) ile ürettiğimiz örnekler ile kalite kriterleri parametreleri sonucunda karşılaştırma yaptık. Bunları literatür örnekleriyle destekleyerek tağşiş oranını ve buna sebep dış etkenler bulunmuştur. Değişik markalardan toplanan 12 örnek ile ürettiğimiz 11 örnek (2 kontrol örneği) arasında kalite parametreleri olan briks, pH, şeker, HMF antioksidan kapasite, toplam fenolik kapasite, toplam flavanoid madde, FTIR spektroskopisi gibi analizler yapılmıştır.

Yapılan çalışmada örneklerin toplam antioksidan kapasitesi 21.2 mg QEE/kg - 527.64 mg QEE/kg arasında, toplam fenolik kapasitesi 1.86-583.21 mg QEE/kg arasında, toplam flavanoid kapasitesi 22.7-5755.30 mg QEE/kg arasında değişmektedir. Sumak ekşisi örneklerinin HMF miktarı 3.39-8117.65 mg/kg mg/kg arasında, toplam şeker %1.36-%99.97 arasında tespit edilmiştir. Sumak ekşisi örneklerinin FTIR spektrumları benzerdir.

PCA ve SIMCA yöntemi kullanılarak sumak ekşilerinde tağşiş tespit edilmiştir. SIMCA yüksek hız, basitlik ve tahribatsız yapısı nedeniyle önemli avantaja sahiptir. Dolayısıyla bu kemometrik yöntem yoluyla sumak ekşisinde tağşişin tespiti ve sınıflandırılması için güçlü bir araç olarak kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** FTIR spektroskopisi, Sumak ekşisi, Taklit, Tağşiş

## SUMMARY

In recent years, the increasing demand for sumac and economic interests have revealed some illegal frauds by companies. The most common of these are cheap commercial sweeteners added to processed foods. We compared these added sugars with the market samples and the samples we produced with commercial sugars (invert sugar, glucose and sucrose) as a result of the quality criteria parameters. By supporting these with literature examples, the adulteration rate and the external factors causing it were found. Analyzes such as quality parameters brix, pH, sugar, HMF antioxidant capacity, total phenolic capacity, total flavonoid substance, FTIR spectroscopy were performed between 12 samples collected from different brands and 11 samples (2 control samples) we produced.

In the study, the total antioxidant capacity of the samples varied between 21.2 mg QEE/kg -527.64 mg QEE/kg, the total phenolic capacity between 1.86-583.21 mg QEE/kg, and the total flavonoid capacity between 22.7-5755.30 mg QEE/kg. The HMF amount of sumac sour samples was determined between 3.39-8117.65 mg/kg mg/kg, and the total sugar was determined between 1.36%-99.97%. FTIR spectra of sumac sour samples are similar.

Adulteration in sumac sours was detected using PCA and SIMCA methods. SIMCA has significant advantages due to its high speed, simplicity and non-destructive structure. Therefore, it can be used as a powerful tool for detection and classification of adulteration in sumac sour through this chemometric method.

**Key Words:** FTIR spectroscopy, Sumac sour, Imitation, Adulteration

## İÇİNDEKİLER

|                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| KABUL VE ONAY .....                                                        | III  |
| BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....                                       | IV   |
| TEŞEKKÜR.....                                                              | V    |
| ÖZET.....                                                                  | VI   |
| SUMMARY .....                                                              | VII  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                          | VIII |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                       | XI   |
| TABLolar DİZİNİ .....                                                      | XIII |
| EKLER DİZİNİ.....                                                          | XIV  |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                       | XV   |
| 1.GENEL BİLGİLER .....                                                     | 1    |
| 1.1. Giriş.....                                                            | 1    |
| 1.2. Sumak Meyvesinin Tarihçesi.....                                       | 3    |
| 1.2.1. Sumak Meyvesinin Yetiştirildiği Bölgeler ve Üretim Miktarları ..... | 3    |
| 1.3. Sumak Meyvesinin Özellikleri.....                                     | 5    |
| 1.4. Türkiye’de sumak kullanım şekilleri .....                             | 8    |
| 1.5. Gıdalarda Taklit ve Tağşiş .....                                      | 9    |
| 1.6. Önceki Çalışmalar.....                                                | 10   |
| 1.7. Çalışmanın Amacı.....                                                 | 11   |
| 1.8. Çalışmanın Kapsamı .....                                              | 12   |
| 2. MATERYAL VE METOT .....                                                 | 13   |
| 2.1. Cihazlar .....                                                        | 13   |
| 2.2. Deneysel Çalışmada Kullanılmış Olan Kimyasallar.....                  | 13   |
| 2.3. Çözeltilerin Hazırlanması.....                                        | 13   |
| 2.3.1. Carrez I.....                                                       | 13   |
| 2.3.2. Carrez II: .....                                                    | 13   |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.3. Ana stok DPPH ( 10 mM) Reaktifinin hazırlanması .....                                                | 13 |
| 2.3.4. DPPH çalışma çözeltinin hazırlanması .....                                                           | 13 |
| 2.3.5. 300 mM asetat buffer .....                                                                           | 14 |
| 2.3.6. 40 mM HCl Çözeltisi .....                                                                            | 14 |
| 2.3.7. 10 mM TPTZ Çözeltisi .....                                                                           | 14 |
| 2.3.8. 20 mM FeCl <sub>3</sub> . 6H <sub>2</sub> O Çözeltisi.....                                           | 14 |
| 2.3.9. FRAP çözeltisi .....                                                                                 | 14 |
| 2.3.6. Ana Stok 1000 mg/L Demirikisülfatheptahidrat (FeSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O) Çözeltisi ..... | 14 |
| 2.3.10. Ana stok ABTS <sup>•+</sup> Çözeltisi Reaktifinin Hazırlanması.....                                 | 14 |
| 2.3.11. ABTS <sup>•+</sup> Çalışma Çözeltinin Hazırlanması .....                                            | 14 |
| 2.3.12. 0.1N NaOH Çözeltisinin Hazırlanması.....                                                            | 14 |
| 2.3.13. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) çözeltisi.....                                                    | 15 |
| 2.4. Numunelerin Temini .....                                                                               | 15 |
| 2.5. Kontrol Sumak Ekşisi Üretimi.....                                                                      | 15 |
| 2.6. Tağış Ürünlerinin Hazırlanması .....                                                                   | 16 |
| 2.7. Fizikokimyasal Analizler .....                                                                         | 16 |
| 2.7.1. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini .....                                                                 | 16 |
| 2.7.2 Titrasyon Asitliği Tayini .....                                                                       | 16 |
| 2.7.3. pH Tayini .....                                                                                      | 17 |
| 2.7.4 Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini.....                                                               | 18 |
| 2.7.5. Sakaroz, Glukoz ve Fruktoz Tayini .....                                                              | 18 |
| 2.8 Toplam Fenolik, Flavanoid, Antioksidan Ve Antioksidan Tayini .....                                      | 20 |
| 2.8.1 Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Tayini .....                                                        | 20 |
| 2.8.2. Toplam Fenolik Kapasite Tayini (TFK) .....                                                           | 21 |
| 2.8.3.DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi Tayini.....                                                 | 22 |
| 2.8.4.FRAP Toplam Demir İndirgeme Antioksidan Kapasitesi Tayini.....                                        | 23 |
| 2.8.5. Toplam Flavonoid Kapasite İçeriği (TFLK).....                                                        | 23 |
| 2.8.6. ABTS Radikal Katyonu Süpürücü Etki Tayini .....                                                      | 24 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.9. FTIR Analizleri .....                                                            | 25 |
| 3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....                                                          | 26 |
| 3.1. Sumak Ekşisi Örneklerinin % Briks Değerleri .....                                | 26 |
| 3.2. Sumak Ekşisi Örneklerinin % Asitlik Değerleri ve pH .....                        | 29 |
| 3.3. Sumak Ekşisi Örneklerinin HMF Değerleri .....                                    | 33 |
| 3.4. Sumak Ekşisi Örneklerinin Fruktoz Değerleri.....                                 | 34 |
| 3.5. Sumak Ekşisi Örneklerinin Glikoz Değerleri .....                                 | 36 |
| 3.6. Sumak Ekşisi Örneklerinin Sakkaroz Değerleri .....                               | 37 |
| 3.7. Sumak Ekşisi Örneklerinin Toplam Şeker Değerleri.....                            | 39 |
| 3.8. Sumak Ekşisi Örneklerinin Antioksidan ve Biyoaktif Bileşenlere Ait Bulgular..... | 40 |
| 3.8.1. Toplam Fenolik Kapasite (TFK) Analiz Sonuçları .....                           | 40 |
| 3.10.2. Toplam Flavanoid Kapasite (TFLK) Analiz Sonuçları.....                        | 42 |
| 3.10.3. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Analiz Sonuçları.....                       | 43 |
| 3.10.4. DPPH Kapasite Analiz Sonuçları.....                                           | 47 |
| 3.10.5. ABTS Kapasite Analiz Sonuçları.....                                           | 48 |
| 3.10.6. FRAP Kapasite Analiz Sonuçları.....                                           | 49 |
| 3.9. Sumak Ekşisi Örneklerinin Renk Değerleri.....                                    | 50 |
| 3.11.1. L*Analiz Sonuçları .....                                                      | 52 |
| 3.11.2. a*Analiz Sonuçları .....                                                      | 53 |
| 3.11.3. b*Analiz Sonuçları.....                                                       | 53 |
| 3.11.4. ΔE*Analiz Sonuçları.....                                                      | 54 |
| 3.11. Analiz Sonuçlarının PCA Değerlendirmesi .....                                   | 55 |
| 3.12. FTIR Analizine Ait Bulgular .....                                               | 58 |
| 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....                                                       | 67 |
| KAYNAKÇA.....                                                                         | 70 |
| EKLER DİZİNİ.....                                                                     | 76 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                        | 89 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil.1. Suda çözünür kuru madde tayini.....                              | 16 |
| Şekil.2. Titrasyon asitliği tayini .....                                  | 17 |
| Şekil.3. pH tayini.....                                                   | 18 |
| Şekil.4. HMF tayini.....                                                  | 18 |
| Şekil 5. Fruktoz analizi kalibrasyon grafiği .....                        | 19 |
| Şekil 6. Glikoz analizi kalibrasyon grafiği.....                          | 20 |
| Şekil 7. Sakkaroz analizi kalibrasyon grafiği.....                        | 20 |
| Şekil 8. Renk tayini .....                                                | 20 |
| Şekil 9. TAK kapasite analizi kalibrasyon grafiği .....                   | 21 |
| Şekil 10. TFK kapasite analizi kalibrasyon grafiği .....                  | 21 |
| Şekil 11. DPPH kapasite analizi kalibrasyon grafiği .....                 | 22 |
| Şekil 12. FRAP kapasite analizi kalibrasyon grafiği .....                 | 23 |
| Şekil 13. TFLK kapasite analizi kalibrasyon grafiği .....                 | 24 |
| Şekil 14. ABTS kapasite analizi kalibrasyon grafiği .....                 | 24 |
| Şekil 15. FTIR analiz yapılan cihaz.....                                  | 25 |
| Şekil 16. Suda çözünür kuru madde (% briks) değerleri sütun grafiği ..... | 26 |
| Şekil 17. Asitlik değerleri sütun grafiği .....                           | 29 |
| Şekil 19. HMF değerleri sütun grafiği .....                               | 34 |
| Şekil 20. Fruktoz değerleri sütun grafiği.....                            | 35 |
| Şekil 21. Glikoz değerleri sütun grafiği .....                            | 37 |
| Şekil 22. Sakkaroz değerleri sütun grafiği .....                          | 38 |
| Şekil 23. Toplam Şeker değerleri sütun grafiği .....                      | 40 |
| Şekil 24. Toplam TFK sütun grafiği .....                                  | 41 |
| Şekil 25. Toplam TFLK sütun grafiği.....                                  | 43 |
| Şekil 26. Toplam TAC sütun grafiği.....                                   | 46 |
| Şekil 27. Toplam DPPH sütun grafiği.....                                  | 47 |
| Şekil 28. Toplam ABTS sütun grafiği.....                                  | 49 |
| Şekil 29. Toplam FRAP sütun grafiği.....                                  | 50 |
| Şekil 30. Toplam L* sütun grafiği .....                                   | 52 |
| Şekil 31. Toplam a* sütun grafiği .....                                   | 53 |
| Şekil 32. Toplam b* sütun grafiği.....                                    | 54 |
| Şekil 33. Toplam $\Delta E^*$ sütun grafiği.....                          | 55 |

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 34. PCA analzi grafiği.....                                                                                             | 56 |
| Şekil 35. Örneklerin FTIR analiz spektrumları (450-4000 cm <sup>-1</sup> ).....                                               | 64 |
| Şekil 36. Örneklerin FTIR analiz spektrumları (450-2000 cm <sup>-1</sup> ).....                                               | 65 |
| Şekil 37. Örneklerin FTIR analiz spektrumlarının SIMCA ile 3D görüntüsünün<br>değerlendirmesi.....                            | 66 |
| Şekil 38. Örneklerin FTIR analiz spektrumlarının SIMCA ile 3D görüntüsünün<br>değerlendirmesinin farklı açıdan görüntüsü..... | 66 |



## TABLÖLER DİZİNİ

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 1. Sumak bitkisinin yayılış alanı ve faydalanma miktarı (OGM, 2020).....        | 4  |
| Tablo 2.ÇKS’de görünen sumak üretim alanı (2020, OGM ).....                           | 4  |
| Tablo 3. Sumak meyvelerinin bazı boyutsal özellikleri.....                            | 5  |
| Tablo 4. Sumak meyvelerinin mineral madde içeriği .....                               | 6  |
| Tablo 5. Sumak meyvelerinin yağ asitleri kompozisyonu (Kızıl ve Türk, 2010).....      | 7  |
| Tablo 6. Sumak ekşisi örneklerinin kodlaması .....                                    | 15 |
| Tablo 7. Örneklere ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları .....                    | 28 |
| Tablo 8. Fiziksel, kimyasal ve antioksidan analiz sonuçlarına ait korelasyonlar ..... | 31 |
| Tablo 9. Örneklere ait TFK, TFLK, TAK ve antioksidan analiz sonuçları .....           | 44 |
| Tablo 10. Örneklere ait renk analiz sonuçları .....                                   | 51 |
| Tablo 11. PCA yükleme ve skor tablosu.....                                            | 57 |
| Tablo 12. Sumak ekşisi örneklerine ait FTIR spektrumlarındaki tepe noktaları .....    | 61 |

## EKLER DİZİNİ

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Ek 1. N1 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....   | 76 |
| Ek 2. N2 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....   | 76 |
| Ek 4. N4 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....   | 77 |
| Ek 5. N5 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....   | 78 |
| Ek 6. N6 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....   | 78 |
| Ek 7. N7 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....   | 79 |
| Ek 8. N8 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....   | 79 |
| Ek 9. N9 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....   | 80 |
| Ek 10. N10 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 80 |
| Ek 11. N11 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 81 |
| Ek 12. N12 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 81 |
| Ek 13. N13 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 82 |
| Ek 14. N14 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 82 |
| Ek 15. N15 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 83 |
| Ek 16. N16 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 83 |
| Ek 17. N17 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 84 |
| Ek 18 N18 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları .....  | 84 |
| Ek 19. N19 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 85 |
| Ek 20. N20 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 85 |
| Ek 21. N21 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 86 |
| Ek 22. N22 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 86 |
| Ek 23. N23 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 87 |
| Ek 24. N24 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 87 |
| Ek 25. N25 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 88 |
| Ek 26. N26 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları ..... | 88 |

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                    |                                                |
|--------------------|------------------------------------------------|
| %                  | : Yüzde                                        |
| $\mu$              | : Mikro                                        |
| $\mu\text{g}$      | : mikrogram                                    |
| $\mu\text{L}$      | : mikrolitre                                   |
| •                  | : Radikal                                      |
| AA                 | : Askorbik Asit                                |
| $\text{AlCl}_3$    | : Aliminyumklörür                              |
| $^{\circ}\text{C}$ | : Santigrat                                    |
| Ca                 | : Kalsiyum                                     |
| dk                 | : dakika                                       |
| d                  | : yoğunluk                                     |
| Fe                 | : Demir                                        |
| FRAP               | : Demir (III) indirgeme / antioksidan kapasite |
| g                  | : Gram                                         |
| GAE                | : Gallik asit eşdeğeri                         |
| HCl                | : Hidroklorik Asit                             |
| HMF                | : Hidroksimetilfurfural                        |
| K                  | : Potasyum                                     |
| kg                 | : Kilogram                                     |
| L                  | : Litre                                        |
| UV                 | : Ultraviyole                                  |
| HPLC               | : Yüksek performanslı sıvı kromatografisi      |
| DPPH               | : 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil                 |
| nm                 | : nanometre                                    |
| ml                 | : mililitre                                    |
| mM                 | : milimolar                                    |
| M                  | : Molar                                        |
| Mg                 | : Magnezyum                                    |
| Mg                 | : miligram                                     |
| Mv                 | : malvidin                                     |
| N                  | : normalite                                    |
| Na                 | : Sodyum                                       |

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| NaOH            | : Sodyum Hidroksit            |
| NH <sub>3</sub> | : Amonyak                     |
| °Bx             | : Briks                       |
| P               | : Fosfor                      |
| pH              | : Hidrojen Potansiyeli        |
| Ppm             | : milyonda bir birim          |
| Pt              | : petunidin                   |
| TAC             | : Toplam antioksidan kapasite |
| TFC             | : Toplam flavonoid kapasite   |
| TPC             | : Toplam fenolik kapasite     |
| TSE             | : Türk Standartlar Enstitüsü  |



## 1.GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Herkes kendisi ve ailesi için sağlıklı ve mutlu bir yaşam hakkının yanı sıra uygun yaşam standartlarına, beslenmeye ve gıdaya erişim hakkına sahiptir. Bilindiği gibi insanın hayatta kalabilmesi için gıdaya ihtiyacı vardır. Besleyici gıdalara erişim, sağlıklı bir yaşam sürmek için çok önemlidir. Tarım ve gıda ürünlerine ilişkin sistem son derece önemli ve vazgeçilmezdir, bu da onu çok çeşitli etik ve güvenlik sorunlarına karşı savunmasız kılmaktadır. Türkiye ekonomisinin ilk kurulan sektörlerinden biri olan gıda sanayi, rekabet gücüne verdiği değerle tanınmaktadır. Üretilen tüm gıdaların bozuk olduğu düşüncesi doğru değildir. Ayrıca imalat şirketlerinin başarısında önemli bir bileşen ürünün kalitesi ve tasarımıdır. Avrupa Birliği'nde (AB) "gıda sahtekarlığı" genel terimi, Türkiye'de tağşiş ve taklit ile ilgili konuları ifade etmektedir.

Gıda Standartları Ajansı (FSA), gıda sahtekârlığını "Tüketiciyi aldatmak ve ekonomik kazanç elde etmek amacıyla gıdanın kasıtlı olarak piyasaya sürülmesi" şeklinde tanımlıyor. "Ekonomik fayda sağlamak amacıyla gıdaya yasa dışı müdahale" bu fikri ortaya koymanın bir başka yoludur. Müdahaleler, gıdanın değerini abartmak veya fiyatını düşürmek için daha ucuz alternatifler sunmak kadar basit olabilir. Gıda sahtekârlığı, gıda güvenliği ve emniyeti açısından sahtecilik ve tağşişi içeren bir alt küme olarak görülmektedir. Gıda sahtekârlığı hem Türkiye'de hem de AB'de suç teşkil eden bir faaliyet olarak kabul edilmektedir. Gıda sektöründeki tüm işletmelerin kopyaladığını veya tağşiş yaptığını söylemek doğru değildir. Tağşiş ve sahtecilik, hem dünyada hem de Türkiye'de genellikle kayıt dışı işletmeler tarafından yapılmaktadır. Türkiye'de yaklaşık 95.000 gıda üretim tesisi bulunmaktadır. Tağşiş ve sahtecilik, hem dünyada hem de Türkiye'de genellikle kayıt dışı işletmeler tarafından yapılmaktadır. Ne yazık ki taklit ve tağşiş, kaynak kıtlığı, artan talep, yasal uyumluluk, rekabet gücü ve ticari gelir endişeleri görünümü vermek için sıklıkla kullanılmaktadır.

Gıda endüstrisi, mısır nişastasından yapılan, sıvı bir glikoz-fruktoz tatlandırıcısı olan yüksek fruktozlu mısır şurubunu üretmektedir. Sakkarozun doğrudan şeker kamışı ve şeker pancarından alınan, doğal olarak oluşan bir madde olmasına rağmen, yüksek fruktozlu mısır şurubunun oluşması doğal yolla olmamaktadır. Yüksek fruktozlu mısır şurubundaki fruktoz yapısı değişmişken, içindeki glikoz bitkilere benzer doğal bir yapıya sahiptir.

Çeşitli çalışmalar, yüksek fruktozlu mısır şurubu ve diğer şekerle tatlandırılmış içecekleri kardiyovasküler hastalık, obezite, metabolik sendrom, yüksek kan basıncı, yüksek inflamatuvar belirteçler ve yüksek trigliserit düzeyleriyle ilişkilendirmiştir. Gerçekte bu koşullar altında sumak bitkisiinden (*Rhus coriaria* L) elde edilen ekşi sos da risk oluşturmaktadır.

Sumak bitkisi coğrafi olarak Doğu Akdeniz Bölgesi, Afganistan, İran ve Avrupa'da bulunmaktadır. Doğal yetiştirme bölgeleri Yunanistan, Bulgaristan, İtalya ve Fransa'ya kadar uzanmaktadır. Kuzey Amerika ve Avrupa'da yaygındır. Türkiye'nin en çok batı ve güney bölgelerinde yaygın olmakla birlikte hemen hemen her yerde bulunmaktadır. Genellikle tarım potansiyelinin az olduğu yerlerde yetişir. Türkiye'nin dört ayrı bölgesinde (Marmara, Karadeniz, Ege ve Akdeniz bölgeleri) " derici sumağı, titre, somalık, tutum, tatarı, tetri, somak " gibi başka isimlerle de anılır. *Rhus coriaria* bitkisinin yaprakları ve meyveleri vitamin ve amino asitler, mineraller ve malik asit bakımından zengindir. Antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğu birçok araştırma tarafından gösterilmiştir. Sumaktaki en yaygın yağ asitleri palmitik asit, linoleik asit ve oleik asittir. En yaygın mineraller kalsiyum, potasyum, tuz ve magnezyumdur. C vitamini, piridoksin (B6), syanokobalamin (B12) ve amino asitler en yaygın vitaminlerdir. En yaygın organik asitler sitrik ve malik asit ile bunların ikincil metabolitleridir. Antioksidanlar, flavonoidler ve tanenler geniş çapta dağılmıştır. Sumak mükemmel bir lif, protein ve yağ kaynağıdır. Yağ asitleri, özellikle de önemli ve yararlı olan oleik asit bol miktarda bulunur ( Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

Neredeyse tüm hazır gıdalarda ve genellikle kalorili tatlandırıcılar olarak bilinen mısır şurubu içeren tüm ürünlerde bulunur. Meşrubat, dondurma, kurabiye, enerji içecekleri, öksürük şurupları, nar şurupları, sumak şurupları vb. bunların başlıcalarıdır. Tatlandırıcılar özellikleri bakımından sakarozdan farklıdır. Öncelikle sakarozdan daha tatlı ve daha ucuzdur. şeker şurupları (fruktoz ve glikoz); Tadı daha güzeldir, daha stabildir, daha tazedir ve renk, doku ve tutarlılık katma avantajına sahiptir.

Bu çalışmada amacımız ticari olarak üretilen ve satılan sumak ekşisine maliyetini azaltmak isteyen firmaların şeker şurubu ilavesiyle tağşişe yol açmaktadır ve tağşişi belirlemede çeşitli analizler olduğu gibi en az maliyetli yöntem FTIR-ATR yöntemiyle içeriğindeki tağşişlerin belirlenmesini sağlamaktır. Bu çalışmada çeşitli yörelerden sumak 12 ekşisi örnekleri satın alınarak Briks, pH, toplam asitlik, şeker analizleri yapılarak standartlar uygun olması karşılaştırılmalı olarak ortaya konulacaktır. Sumak ekşisi örneklerine farklı oranlarda ilave edilen farklı ticari şeker şurubu ve sakkaroz

şurubu Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi kullanılarak kalitatif olarak belirlenmesi yapılacaktır

## 1.2. Sumak Meyvesinin Tarihçesi

Sumak'ın uzun ve eski bir tarihi vardır. Orta Doğu, Akdeniz ve Güney Asya gibi bölgelerde sumak, eski çağlardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Osmanlı mutfağında yaygın olarak kullanılan sumak, birçok modern Orta Doğu ve Akdeniz mutfağında da hala önemli bir yere sahiptir. Coğrafi olarak Akdeniz ülkeleri kadar doğuda doğal yetiştirme bölgelerine sahiptir; Avrupa'da Afganistan ve İran'da bulunur; ve doğu Akdeniz ülkeleri Yunanistan, Bulgaristan, İtalya ve Fransa'da. Türkiye'nin Akdeniz, Güneydoğu, Ege, Kuzey ve İç Anadolu bölgelerinde yaygındır. *Rhus coriaria* L. (Sumac, Anacardiaceae fam.), boyu bir metreye kadar ulaşabilen, olgunlaşmamış yaprakları olan bir çalı türüdür. Dioscorides ve Avicenna'ya göre sırasıyla idrar söktürücü veya karminatif olarak ve felç gibi kalıcı semptomların tedavisinde kullanılır. Çiçek durumu 15-20 cm boyunda, yoğun paniküler, tüylü, kırmızımsı kahverengi bir renge dönüşen ve villi içeren bir meyvedir. Meyveler salkımlar halinde gruplandırılmıştır (Tanker, 2007)

### 1.2.1. Sumak Meyvesinin Yetiştirildiği Bölgeler ve Üretim Miktarları

*R. coriaria* türünün popüler adı sumaktır ve Abu-Reidah'da göre. (2014), Anacardiaceae familyasının üyesi olan *Rhus*'un bilinen 91 türü vardır. Bu tür Akdeniz, Ege, Güneydoğu, Kuzey, Trakya ve İç Anadolu bölgelerinde yetişmektedir. *Rhus* cinsinin Türkiye'de yetişen tek üyesidir. Koyuncu ve Köroğlu'na (1991, Karaduman, 2022'de yer verilmiştir) göre sumak bitkisi öncelikle Afrika, Kuzey Amerika ve Güneydoğu Asya'nın tropikal ve ılıman bölgelerinde bulunmaktadır. Doğal büyüme bölgeleri Yunanistan, Bulgaristan, İtalya ve Fransa'ya kadar doğuda Akdeniz çevresindeki ülkelere; Afganistan'da ve İran'dır.

Ölmez ve ark. (2007), soğuk tabakalaşmanın kuraklığa dayanıklı çalı türlerinin tohumlarını çimlendirme yeteneğini nasıl etkilediğini inceledi. Artvin'de 200 ila 1200 metre arasında, aralarında *Rhus coriaria* L.'nin de bulunduğu 12 farklı çalı türünden tohumlar elde edildi. Açık alanda ve serada, tohumlar +5 °C'de üç farklı süre boyunca (20, 40 ve 60 ) soğuk tabakalamaya tabi tutuldu. Serada yirminci günde Derici sumakta en yüksek çimlenme oranının %8.2 olduğu gözlemlendi. Derici sumak'ın iki aşamalı çimlenme bariyerine sahip olduğu bildirildi.

Orman Genel Müdürlüğü, aralarında Sumağında bulunduğu birçok türe ilişkin envanter araştırmasını tamamladı. Envanter çalışmalarına göre 11 Orman Bölge

Müdürlüğü (OBM) sınırları içerisinde 14.250 hektarın üzerinde alana yayılmış olup, üretildiği takdirde 1.687 tonluk zenginlik elde edilebilecektir.

Tablo 1. Sumak bitkisinin yayılış alanı ve faydalanma miktarı

| <b>Sumak</b>                    | <b>Faydalanma Miktarı (kg)</b> | <b>Yayılış Alanı (ha)</b> |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Şanlıurfa Orman Bölge Müdürlüğü | 1327413.00                     | 3348.21                   |
| Antalya Orman Bölge Müdürlüğü   | 125434.00                      | 3320.59                   |
| Isparta Orman Bölge Müdürlüğü   | 50520.93                       | 623.3                     |
| İzmir Orman Bölge Müdürlüğü     | 50325.78                       | 2617.30                   |
| Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü | 43466.00                       | 156.68                    |
| Amasya Orman Bölge Müdürlüğü    | 32191.56                       | 298.07                    |
| Elazığ Orman Bölge Müdürlüğü    | 21513.89                       | 1637.77                   |
| Denizli Orman Bölge Müdürlüğü   | 16849.13                       | 345.91                    |
| Artvin Orman Bölge Müdürlüğü    | 13503.48                       | 1790.13                   |
| Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü   | 6346.78                        | 71,3                      |
| Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü | 296.32                         | 41.61                     |
| <b>Toplam</b>                   | <b>1687862.40</b>              | <b>14.250.87</b>          |

(OGM, 2020)

Aşağıdaki Tablo 2' de Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2010 yılından bu yana faaliyetlerini desteklemek amacıyla kurduğu Çiftçi Kayıt Sistemi'ne kayıt olan üretici sayıları ve üretim bölgeleri gösterilmektedir. 2010 yılında kayıtlı ürün üreten 6 üreticiye karşılık, 2019 yılında 131 çiftçi 19.368 dekar alanda üretim yaptığını bildirdi.

Tablo 2. ÇKS'de görünen sumak üretim alanı (2020, OGM )

| <b>Yıllar</b> | <b>Alan (dekar)</b> | <b>ÇKS'ye kayıt yaptıran kişi sayısı</b> |
|---------------|---------------------|------------------------------------------|
| 2010          | 28.9                | 6                                        |
| 2011          | 9.88                | 3                                        |
| 2012          | 38.8                | 1                                        |
| 2013          | 42                  | 2                                        |
| 2014          | 127                 | 13                                       |
| 2015          | 180                 | 32                                       |
| 2016          | 417.1               | 58                                       |
| 2017          | 611.1               | 95                                       |
| 2018          | 1.347.10            | 153                                      |
| 2019          | 19.368              | 131                                      |

Diğer ülkelere yapılan sumak baharatı ihracatına bakıldığında 2010 yılında İsrail (388 ton), Ürdün (167 ton), ABD (117 ton) ve İsrail (361 ton), Ürdün (255 ton) ve 2019'da ABD'ye 289 ton sevkiyat yapıldı. 2010 yılında sumak baharatı ithalatı olmamasına

rağmen, 2019 yılında Irak (494 ton), Lübnan (195 ton) ve İran'dan (32 ton) toplam 721 ton sumak ithalatı yapıldığı kaydedildi.

Sumak, çok yıllık bir bitki olup, tıbbi amaçlar, yemeklerde aroma ve koruyucu olarak kullanımının yanı sıra dericilik, boya sanayi, peyzaj ve erozyon kontrolünde de değerlendirilmektedir. Sumak bitkisinden elde edilen ürünlerin kalitesi ve fiyatı birçok faktörle değişkenlik gösterir. Sumak ve baharat olarak kullanılan kısmının fiyatı, piyasa taleplerine doğrudan bağlıdır.

Satılan baharatın kalitesini etkileyen unsurlar arasında ürünün menşei, üretim dönemi, hasat teknikleri, kurutma ve saklama koşulları, satışların doğrudan üreticiden mi yoksa aracı aracılığıyla mı yapıldığı yer alıyor. Baharatların büyüme miktarı ve organik durumu ek değişkenlerdir. Kahramanmaraş'ta 2020 yılında sumak salkımı 18-20 TL/kg'dan, sıvı sumak şurubu 120 TL/lt'den, toz sumak şurubu ise 30 TL/kg'dan satıldı. İhraç edilen sumak miktarı zamanla arttı. Yurt içi talebin düzeyine bağlı olarak ithalat belirli yıllarda artmış veya azalmıştır.

### 1.3. Sumak Meyvesinin Özellikleri

Sumak, Rhus cinsine dahil olup Anacardiaceae familyasında 250'den fazla tür barındıran bir bitkidir. Yemeklere limon benzeri bir tat vermek için kullanılan bir baharatken, Uzak Doğu'da geleneksel tıpta da yer alır ve ülkemizde özellikle Akdeniz bölgesinde popülerdir. Sumağın antifibrinojenik, antiapoptotik, antiinflamatuvar, antioksidan, lökopenik, sitotoksik ve hipoglisemik gibi çeşitli biyolojik aktiviteleri, in vitro deneylerle ekstraktları kullanılarak doğrulanmıştır (Rayne ve Mazza, 2007; Giancarlo ve diğerleri, 2006).

Sumak baharatının yaprakları, tannin bakımından zengin olup yüksek oranda flavonoid, antosiyanin ve organik asit içermektedir. Meyveleri ise uçucu ve sabit yağlar açısından zengin olduğundan, araştırmalar çoğunlukla yapraklardaki tannin ve flavonoid içeriğine yoğunlaşmaktadır (Brunke ve diğerleri, 1993).

Tablo 3. Sumak meyvelerinin bazı boyutsal özellikleri

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| Uzunluk (mm)           | 4.72±0.03   |
| Genişlik(mm)           | 3.90±0.028  |
| Kalınlık(mm)           | 2.64±0.025  |
| Ağırlık(g)             | 0.018±0.001 |
| Geometrik Ortalama Çap | 3.64±0.023  |
| Hacim m <sup>3</sup>   | 19.49±0.442 |
| Küresellik( Boyutsuz)  | 0.773±0.003 |

(Özcan ve Hacıseferoğulları, 2004)

Demchik ve ark. (2015), Amerika Birleşik Devletleri'nin Upper Midwest bölgesinde yetişen geyik boynuzlu sumak (*Rhus typhina* L.) meyvelerini yağ asitleri, karbonhidratlar ve toplam ekstrakte edilebilir protein içeriği açısından değerlendirmişlerdir. Meyvelerin, ağırlıklı olarak palmitik, oleik ve linoleik asitlerden oluşan kuru ağırlıkça %5.0'ten az yağ asitli olduklarını görmüşlerdir. Meyvede bulunan baskın karbonhidrat ksiloz (kuru ağırlığın %22.1'i) olduğunu ve bu miktarın sumağın ksilitol üretimi için uygun bir ksiloz kaynağı olabileceğini tespit etmişlerdir.

Özcan ve Haciseferoğulları'nın 2004 yılındaki çalışmalarında, Mersin bölgesinden toplanan sumak meyvelerinin çeşitli fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi tespit edilmiştir. Nayeypour ve Asadi-Gharneh (2019) tarafından İran'ın 6 farklı bölgesinde elde edilen sumaklarda 100 adet meyve ağırlığı ortalamaları, Pashandegan 1,80 g, Baghestan'da 2.27 g, Torgh 1.88 g, Yahya- Abad 2.21 g, Firizhand 2.20 g ve Malmir'de 1.05 g olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4. Sumak meyvelerinin mineral madde içeriği

| Mineraller | Miktar (ppm)  | Mineraller | Miktar (ppm)  |
|------------|---------------|------------|---------------|
| Al         | 125.47±11.04  | Mg         | 855.95±17.63  |
| B          | 25.72±1.86    | Mn         | 10.49±1.32    |
| Ba         | 0.52±0.12     | Na         | 114.06±3.65   |
| Ca         | 3661.57±25.71 | Ni         | 1.07±0.03     |
| Cd         | 0.03±0.01     | P          | 1238.74±37.82 |
| Cr         | 1.03±0.07     | Pb         | 0.52±0.03     |
| Cu         | 3.73±0.14     | Se         | 0.47±0.02     |
| Fe         | 144.53±3.76   | V          | 6.43±0.67     |
| K          | 7963.35±47.85 | Zn         | 10.93±0.84    |
| Li         | 1.40±0.13     |            |               |

(Özcan ve Haciseferoğulları, 2004)

Perikarp ağırlığı ortalama 100 adet perikarp'ın Pashandegan 1.07 g, Baghestan'da 1.18 g, Torgh 0.94 g, Yahya- Abad 1.15 g, Firizhand 1.19 g ve Malmir'de 0.55 g olarak hesaplanmıştır.

Sumak genotiplerine ait 100 adet tohum ağırlık değerleri ise Pashandegan 0.73 g, Baghestan'da 1.09 g, Torgh 0.94 g, Yahya- Abad 1.06 g, Firizhand 1 ve Malmir'de 0.50 g olarak hesaplanmıştır. Meyve salkım boyu değerleri Pashandegan 9,32 cm, Baghestan'da 9.13 cm, Torgh 10.93 cm, Yahya- Abad 7.76 cm, Firizhand 11.81 cm ve Malmir'de 6.12 cm olarak ölçülmüştür.

Sumak meyvelerinin mineral yapısı incelendiğinde iyi bir fosfor, kalsiyum ve potasyum kaynağı olduğu ortaya çıkar. Potasyumun nörolojik sistem ve kasların, özellikle de kalp kaslarının ne kadar iyi çalışması üzerinde faydalı bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Fosfor kemiklerin, özellikle de dişlerin bulunduğu kemiklerin büyümesine ve güçlenmesine yardımcı olur. Yapılan araştırmalar sumak meyvelerinin diğer birçok meyveye göre yüksek potasyum içeriğine sahip olduğunu bildirmektedir (Özcan ve Haciseferoğulları, 2004; Ünver, 2006).

Sumak meyvelerinin yağ asidi kompozisyonu Tablo 5'te sunulmaktadır. Yapılan araştırmalar, sumak meyvelerinin palmitik, oleik ve linoleik asitler açısından zengin olduğunu göstermiştir (Kızıl ve Türk, 2010).

Tablo 5. Sumak meyvelerinin yağ asitleri kompozisyonu (Kızıl ve Türk, 2010)

| Yağ Asiti                         | Miktar (%) | Yağ Asiti                          | Miktar (%) |
|-----------------------------------|------------|------------------------------------|------------|
| Malik Asit                        | 2.4        | Stearik Asit                       | 4.7        |
| Azelaik Asit                      | 0.4        | Etil Oktadekenoat                  | 0.1        |
| Tetradekanoik Asit                | 0.2        | Linoleadik Asit                    | -          |
| 4,8,12- Trimetil Tridekanoik Asit | -          | Araşidonik Asit, Etil Ester        | -          |
| 9-Hekzadekanoik Asit              | -          | Eikoz-5,8,11,14,17 Pentaenoik Asit | -          |
| 7-Hekzadekanoik Asit              | 0.2        | 11,13- Eikozadioneik Asit          | 0.2        |
| Palmitik Asit                     | 21.1       | 11-Eikozanoik Asit                 | 0.4        |
| Hekzadekanoik Asit Etil Ester     | -          | Araşidik Asit                      | 0.7        |
| İzopropil Palmitik Ester          | -          | Eikoz-10,13-Dienoik Asit           | -          |
| 14- Metil- Hekzadekanoik Asit     | -          | Erusik Asit                        | -          |
| Linoleik Asit                     | 27.4       | Behenik Asit                       | 0.3        |
| Oleik Asit                        | 37.7       | Tetrakozanoik Asit                 | 0.1        |
| Linolenik Asit                    | -          | Toplam                             | 96.8       |
| Elaidik Asit                      | 0.9        |                                    |            |

Çoklu doymamış yağ oranı yüksek gıdalar oksidasyon yoluyla bozulmaya karşı daha hassastır. Gıda ürünlerinin raf ömrünün azalmasının ve kalite kaybının en önemli nedenlerinden biri oksidatif bozulmadır. Gıdanın dokusunda, renginde, tadında ve tadında istenmeyen değişiklikler, aldehitler, ketonlar, epoksitler, asitler, karbonil bileşikler ve karbondioksit gibi tehlikeli kimyasallar da üreten doymamış yağların oksidasyonundan kaynaklanmaktadır (Çoban ve ark. 2010). Sumak yağı, yüksek tekli doymamış yağ asidi içeriği nedeniyle oksidatif bozulmaya dayanabilir ve uzun süre saklanabilir. Birçok rapora göre sumak yağı özellikle zeytinyağı ile birleştirilip salata ve akşam yemeklerinde

kullanıldığında faydalı bir ürün olabilir. Bu zeytinyağının raf ömrünü uzatabilir (Doğan ve Akgül 2005, Kızıl ve Türk 2010).

#### 1.4. Türkiye’de sumak kullanım şekilleri

Baharat, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından "Anacardiaceae familyasının *Rhus coriaria* L. türüne ait bitkilerin meyvelerinin belirli bir miktar yemeklik tuz ilave edilerek kurutulup öğütülmesinden sonra" (TSE-3880, 2002) olarak tanımlanmaktadır. ), Sumak (Somak). TSE-3880 (2002) sumak baharatında maksimum yabancı madde miktarının %1, nem miktarının maksimum %13, kuru maddede maksimum toplam kül miktarının %12, maksimum kül miktarının %12 olduğunu belirtmektedir. hidroklorik asitte çözünmeyen külü %1'dir ve yenilebilir tuzun maksimum miktarı %6'dır.

Oleorezin elde etme, sumak meyvelerinden gerçekleştirilen bir işlemdir: Oleorezin, yağ ve reçine karışımını ifade eder; reçine, uçucu yağların haricindeki bileşenlerdir. Bu karışım, öğütülmüş baharatlardan solvent ekstraksiyonu ile üretilir. Kullanılan solvente bağlı olarak, ekstraktta aroma bileşenleri, mumlar, zamklar, reçineler, yağlar ve diğer bileşenler yer alır. Ekstrakt hazırlandıktan sonra, solventin buharlaştırılmasıyla oleorezin elde edilir. Oleorezinler genellikle konserve ve işlenmiş gıdalarda kullanılırlar. Lezzetleri, kullanılan hammadde kalitesine ve çözücüye bağlı olarak değişiklik gösterir. Toz baharatlara kıyasla birçok avantajları olmasına rağmen, ışık, oksijen ve ısıya karşı hassasiyetleri önemli bir dezavantajdır. Oleorezinlerin raf ömrü kısadır ve uzun süre depolandığında kimyasal ve organoleptik değişiklikler meydana gelebilir(Shaikh et al., 2006). Mikroenkapsülasyon yöntemi, oleorezinleri yapısal değişimlerden korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari olarak karanfil, paprika, zencefil, zerdeçal, karabiber, defne, anason, kimyon, tarçın ve kişniş gibi bazı oleorezinler kullanılmaktadır. Sumak meyvelerinden oleorezin üretimi üzerine yapılan bir araştırmada, etanol ve metanol çözücüler kullanılarak sumak oleorezinleri elde edilmiştir. Sumak oleorezinlerinin temel bileşenleri organik asitler, antosiyaninler ve tanenler olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, sumak oleorezinin üretiminin yeni olduğunu ve elde edilen ürünün fonksiyonel gıda üretiminde değerli bir hammadde olabileceğini belirtmiştir (Ünver, 2006).

Yöresel mutfakların ve salataların vazgeçilmezi olan sumak ekşisi, Kahramanmaraş ve Gaziantep gibi doğu illerinde yaygın olarak kullanılırken, Kahramanmaraş'ta yerel olarak "ahıt" olarak anılır. Üretim yöntemleri bölgelere göre farklılık göstermektedir. Kahramanmaraş'ta geleneksel yöntem sumak'ın birkaç kez suya batırılarak çökeltilmesi ve daha sonra üst katmanın güneşte kurutularak koyulaştırılmasıdır (Tiryaki, 2010).

Sumak ekşisinin reolojik özellikleri üzerine yapılan araştırma, %50 çözünür katılarda küflenmeye eğilimli olduğunu ve mikrobiyal büyümeyi engellemek için toplam katıların 60-70 °Briks'e yükselmesine yol açtığını gösterdi. Sumak ekşisi, yüksek konsantrasyonlu meyve suları ve pürelere benzer Herschel-Bulkley akış davranışı sergiler. Çözünür katı içeriğindeki artış, artan aktivasyon enerjisiyle ilişkilidir. 50 ve 60 °Briks'te viskozite sabiti (K) ve akış davranış indeksi (n) değişmezken, 70 °Briks'te viskozite sabiti (K) belirgin şekilde yükselir, akış davranış indeksi (n) ise bir miktar düşer (Özkanlı ve Tekin, 2008).

### 1.5. Gıdalarda Taklit ve Tağşiş

İnsanlık tarihinde çok önemli bir dönüşüm olan Sanayi Devrimi ile başlayan ivme, güç kavramını finansal kaynaklardan entelektüel sermaye olarak bilinen bilgiye dayalı kaynaklara kaydırmıştır (Çıtırık, 2008). Bilgi hırsızları için entelektüel sermayenin cazibesi, öneminde yatmaktadır. Girişimcilerin iş kurma çabaları, ürünlerinin taklit edilmesi ve reklamı ile baltalanıyor. Sahtecilik yalnızca yaratıcıların haklarını ihlal etmekle kalmıyor, aynı zamanda küresel bir soruna da dönüşüyor. 2005 yılında yapılan araştırmalar, yılda 200 milyar dolar değerinde sahte ve tağşişli mal ticareti yapıldığını gösteriyor. Sonuç olarak taklit ve tağşişle mücadele daha etkili stratejiler gerektirmekte, ulusal ve uluslararası işbirliği zorunlu hale gelmektedir (Çıtırık, 2008). Gıda tağşişinin tarihi, literatürde caydırıcı olarak ağır cezaların uygulandığını ortaya koyan Orta Çağ'a kadar uzanmaktadır. Başlıca tarihsel referanslardan biri, gıda tağşişi için katı cezalar öngören ve gıdayla ilgili ağırlık ve ölçüler için özel standartlar belirleyen, M.Ö. 17. yüzyıldan kalma Hammurabi Kanunlarıdır. Ayrıca Bayezid döneminde çıkarılan Kanunname-i İhtisabı Bursa, belediye kanunu ve gıda yönetmeliği açısından ilk tarihsel standart olarak kabul edilmektedir (Tenekeci, 2016).

28 Ocak 2002 tarihinde yürürlüğe giren 178/2002 sayılı Gıda Kanunu, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi'ni (EFSA) kurmuş ve gıda güvenliğinin genel ilke ve gerekliliklerini ortaya koymuştur. Avrupa Parlamentosu ve Konsey tarafından hazırlanan Yönetmeliğin 8. Maddesi, tüketicilerin hileli ve aldatıcı uygulamalardan, gıda tağşişlerinden ve diğer yanıltıcı uygulamalardan korunmasına vurgu yapmaktadır (Çığ, 2008). Bir gıda maddesinde sağlığı olumsuz etkileyebilecek zehirli veya zararlı maddelerin bulunması tağşiş olarak kabul edilir (Anonim, 2019a).

Gıdanın korunması ve güvenliği açısından sahtecilik ve tağşiş, gıda sahtekarlığının bir alt kategorisi olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2019c). Ayrıca AB'de "Gıda Dolandırıcılığı bir suç türüdür" ifadesiyle gıda dolandırıcılığı suç olarak tanımlanıyor. Gıda dolandırıcılığı, tağşiş ve sahtecilik faaliyetlerinin yanı sıra vergi kaçakçılığı ve

kaçakçılık gibi gıda ürünleriyle ilgili daha geniş suç faaliyetlerini de içermektedir (Manning ve Soon, 2016). AB uyum süreci kapsamında, Türkiye'de gıda güvenliğine ilişkin kuralları içeren 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu, 178/2002/EC sayılı AB Tüzüğü ile uyumlu hale getirilmiştir. AB'nin gıda mevzuatının genel ilkelerini ve gerekliliklerini yansıtır. Bu Yönetmelik, tüketicilerin gıdalarda taklit, tağşiş gibi hileli ve aldatıcı uygulamalara karşı korunmasını öngörmektedir.

Türkiye'de gıda taklit ve tağşişi konusundaki bilgiler ve veriler, ilgili kurumların raporları, göstergeleri, yayınları, analizleri ve internet siteleri ile ulusal ve uluslararası bilimsel literatürden derlenip incelenmiştir. Elde edilen bilgiler ve istatistiksel veriler analiz edilerek yorumlanmıştır. Türkiye'de gıda taklit ve tağşişi ile ilgili istatistiksel verilerin toplanmasında, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın resmi web sitesinde yayınlanan yıllık faaliyet raporları ve kamuoyu duyuruları kullanılmıştır. 2012 yılından itibaren, mevzuat gereği bu verilerin kamuoyu ile paylaşılması zorunlu hale geldiği için, 2012-2020 yılları arasındaki veriler temel alınmıştır.

### 1.6. Önceki Çalışmalar

Alli (2018) tarafından yapılan çalışmada, ekşi sumaktan elde edilen malik asit kalsiyum kompleksinin yapısal karakterizasyonunun yanı sıra retina hücrelerinde hidrojen peroksit kaynaklı hücre hasarına karşı koruyucu etkileri araştırılmıştır. Bu araştırma, doğal olarak sentezlenen malik asit kullanılarak  $[Ca(H_2Ma)_2(H_2O)_4] \cdot 2H_2O$  kompleksinin ilk sentezi ve karakterizasyonuna işaret ediyordu.

Işıklı (2023) ultrasonik ve mikrodalga destekli ekstraksiyon teknikleri ile elde edilen sumak oleoresinlerinin yüksek biyoaktiviteye sahip bileşenleri yapısında bulundurması ve bununla ilişkili olarak sağlık üzerine olumlu etkiler sergilemesi bakımından tavsiye edilmektedir. Yenilikçi ekstraksiyon teknikleri ile hem zamandan ve kullanılan solventten tasarruf edilmesi hem de elde edilen ekstraktların maserasyona kıyasla sağlık üzerine daha olumlu etkiler göstermesi büyük avantaj oluşturmaktadır. Bulunan sonuçların, bu tez çalışmasında kullanılanların dışında farklı bir yenilikçi ekstraksiyon tekniği ile sumak oleoresini elde edilmesinde sürecin değerlendirilebilmesi açısından yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu tez çalışması kapsamında bulunan sonuçlar, farklı bitkilerden oleoresin eldesinde kullanılacak olan yenilikçi ekstraksiyon tekniklerine de ışık tutmaktadır.

Baçoğlu ve Cemeroğlu'nun 1984 yılında gerçekleştirdiği çalışmada, doğal ortamda yetişen *Rhus coriaria* L. bitkisinin temel biyolojik ve ekolojik özellikleri, meyve

ve gövde kabuğunun endüstriyel kullanım alanları, yapraklardaki madde bileşenleri, protein, renk, tanen ve yağ tayini gibi analitik karakterler incelenmiştir.

Çalışkan'ın 2011 yılındaki çalışmasında, sumak meyve ekstraktlarının kurutma işlemi sırasında toz forma dönüşümünde proses parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Hedeflenen besleme briks değerlerine (5, 10, 15, 20 ve 25 Briks) ulaşmak için ekstrakta maltodekstrin ilave edildi ve daha sonra sprey kurutucuda değişen hava giriş ve çıkış sıcaklıklarında (160/80°C, 180/90°C ve 200/100°C). Elde edilmiş olan sumak ekstraktı tozu, kurutma koşullarının nem içeriği, kül, %10 HCl'de çözünmeyen kül, su aktivitesi, renk, çözünürlük, ıslanabilirlik, pH ve radikal süpürme aktivitesi üzerine olan etkisini değerlendirmek için analiz edildi.

Demchik ve ark. (2015), Amerika Birleşik Devletleri'nin Upper Midwest bölgesinde yetişen geyik boynuzlu sumak (*Rhus typhina* L.) meyvelerini yağ asitleri, karbonhidratlar ve toplam ekstrakte edilebilir protein içeriği açısından değerlendirmişlerdir. Meyvelerin, ağırlıklı olarak palmitik, oleik ve linoleik asitlerden oluşan kuru ağırlıkça %5'ten az yağ asitli olduklarını görmüşlerdir. Meyvede bulunan baskın karbonhidrat ksiloz (kuru ağırlığın %22,1'i) olduğunu ve bu miktarın sumağın ksilitol üretimi için uygun bir ksiloz kaynağı olabileceğini tespit etmişlerdir.

Nayebpour ve Asadi-Gharneh (2019) tarafından İran'ın 6 farklı bölgesinde elde edilen sumaklarda 100 adet meyve ağırlığı ortalamaları, Pashandegan 1.80 g, Baghestan'da 2.27 g, Torgh 1.88 g, Yahya- Abad 2.21 g, Firizhand 2.20 g ve Malmir'de 1.05 g olarak tespit edilmiştir. Perikarp ağırlığı ortalama 100 adet perikarp'ın Pashandegan 1.07 g, Baghestan'da 1.18 g, Torgh 0.94 g, Yahya- Abad 1.15 g, Firizhand 1.19 g ve Malmir'de 0.55 g olarak hesaplanmıştır. Sumak genotiplerine ait 100 adet tohum ağırlık değerleri ise Pashandegan 0.73 g, Baghestan'da 1,09g, Torgh 0.94 g, Yahya- Abad 1.06 g, Firizhand 1.0 ve Malmir'de 0.50 g olarak hesaplanmıştır. Meyve salkım boyu değerleri Pashandegan 9.32 cm, Baghestan'da 9.13 cm, Torgh 10.93 cm, Yahya- Abad 7.76 cm, Firizhand 11.81 cm ve Malmir'de 6.12 cm olarak ölçülmüştür.

### 1.7. Çalışmanın Amacı

Bu araştırmada amacımız ticari olarak üretilen ve satılan sumak ekşisine maliyetini azaltmak isteyen firmaların şeker şurubu ilavesiyle tağşişe yol açmaktadır ve tağşişi belirlemede çeşitli analizler olduğu gibi en az maliyetli yöntem FTIR-ATR yöntemiyle içeriğindeki tağşişlerin belirlenmesini sağlamaktır. Bu çalışmada çeşitli yörelerden sumak ekşisi örnekleri satın alarak Briks, pH, toplam asitlik, şeker analizleri yapılarak standartlar uygun olması karşılaştırılmalı olarak ortaya koyduk. Sumak ekşisi örneklerine

farklı oranlarda ilave edilen farklı ticari şeker şurubu ve sakkaroz şurubu Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi kullanılarak kalitatif olarak belirlenmesi yaptık. Örnekler arasındaki farklılıklar tespiti yapıp, FTIR ile tağşişin belirlenip gıda endüstrisinde bu yöntemlerle hilelerin tespiti amaçladık.

### **1.8. Çalışmanın Kapsamı**

Çalışmamız sumak ekşilerinin Briks, pH, toplam asitlik, şeker ve FTIR ile tağşişin üzerine olacaktır. Ticari olarak üretilen sumak ekşilerine ilave edilen farklı oranlardaki şurupların kalitatif ve kantitatif değerlendirilmesinde FTIR-ATR spektroskopisi ve çok değişkenli analiz yöntemleri özellikleri çalışmamız kapsamında araştırılacaktır. Elde edilen sonuçlar kontrol olarak laboratuvarında üretilen sumak ekşisi örneği ile kıyaslanıp ortaya çıkan farklı özellikler ortaya konulacaktır. Ayrıca elde edilen veriler arasındaki korelasyonlar istatistiksel olarak belirlenecek ve sumak ekşileri için kümeleme analizleri yapılacaktır.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Cihazlar**

Analiz metodlarında kullanılan cihazlar şunlardır: Şeker ve HMF analizleri için Agilent marka 1200 serisi HPLC Sistemi, antioksidan ve fenolik analizler için Shimadzu UV-1800 Spektrofotometre, pH analizleri için Hanna marka cihaz, Briks analizi için Abbe refraktometresi, renk analizleri için Konica Minolta marka renk ölçüm cihazı. Ayrıca, A sınıfı hacimli cam malzemeler ve kalibre edilmiş otomatik pipetler kullanılmıştır.

### **2.2. Deneysel Çalışmada Kullanılmış Olan Kimyasallar**

Deneysel çalışmada kullanılmış olan çözelti ve kimyasal maddeler, Merck ve Sigma firmaları tarafından üretilmekle birlikte analitik saflıktadır.

### **2.3. Çözeltilerin Hazırlanması**

Çalışma sırasında kullanılan çözeltiler TS 545'e göre hazırlanmıştır (TS 545, 2020).

#### **2.3.1. Carrez I**

219.4g cinko asetat di hidrat  $\{Zn(CH_3COOH)_2 \cdot 2H_2O\}$  1L'ye tamamlandı.

#### **2.3.2. Carrez II:**

105.6 g Potasyum ferro siyanür  $\{K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O\}$  1L'hazırlandı.

#### **2.3.3. Ana stok DPPH ( 10 mM) Reaktifinin hazırlanması**

39,5 mg DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) 10 ml metanol içerisinde çözülerek elde edilen çözelti, sonraki kullanımlar için buzdolabında saklanmıştır.

#### **2.3.4. DPPH çalışma çözeltinin hazırlanması**

Ana stok çözeltisinden 2,5 ml alınıp 250 ml metanol ile seyreltilmiştir. Elde edilen çözeltinin 517 nm dalga boyunda absorbanısı  $0.980 \pm 0.02$ 'ye ayarlandı

### **2.3.5. 300 mM asetat buffer**

Bir litrelik balona 3.1 g Sodyum asetat trihidrat tartılarak alındı. Daha sonra bir miktar saf su ile çözüldürüldü. Buna 16 ml Glasiyal asetik asit eklendi ve pH değeri 3.60'a ayarlandı.

### **2.3.6. 40 mM HCl Çözeltisi**

d 1.19, % 37 'lik derişik HCl ' den 3.4 ml alınarak hacmi 1 litreye tamamlandı.

### **2.3.7. 10 mM TPTZ Çözeltisi**

3.123 g TPTZ 40 mM HCl çözeltisi ile hacmi 1 litreye tamamlandı.

### **2.3.8. 20 mM FeCl<sub>3</sub> . 6H<sub>2</sub>O Çözeltisi**

5.406 g FeCl<sub>3</sub> . 6H<sub>2</sub>O saf su ile hacmi litreye tamamlandı

### **2.3.9. FRAP çözeltisi**

10:1:1 ( Asetat buffer çözeltisi: 10 mM TPTZ çözeltisi: 20 mM FeCl<sub>3</sub> . 6H<sub>2</sub>O). FRAP çözeltisi kullanılmadan önce 37 °C de 15 dk inkübe edildi.

### **2.3.6. Ana Stok 1000 mg/L Demirikisülfatheptahidrat (FeSO<sub>4</sub> . 7H<sub>2</sub>O) Çözeltisi**

0.1830 g FeSO<sub>4</sub> . 7H<sub>2</sub>O tartılarak 1 litreye tamamlandı.

### **2.3.10. Ana stok ABTS<sup>•+</sup> Çözeltisi Reaktifinin Hazırlanması**

0.0384 mg ABTS ve 0.0134 g Potasyum persulfat, 10 ml çift distile saf su içinde çözüldü. Elde edilen çözeltiden 10 ml alınarak, 100 ml'lik balon joje içinde çift distile saf su ile seyreltildi (1:9 v/v). Kararlılık kazanması için 12 saat boyunca karanlıkta muhafaza edildi. Çözelti, +4 °C'de saklanırsa yedi gün boyunca kullanılabilir.

### **2.3.11. ABTS<sup>•+</sup> Çalışma Çözeltinin Hazırlanması**

Ana stok çözeltisinden 25 ml alınarak 150 ml metanol ile seyreltildi ve çözeltinin absorbansı 734 nm'de ölçülerek, 0.706±0.001 ayarlandı.

### **2.3.12. 0.1N NaOH Çözeltisinin Hazırlanması**

4 g NaOH tartıldı. Balon jojeye aktarıldı. Daha sonra hacmi 1 L'ye saf su ile tamamlandı.

### 2.3.13. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) çözeltisi

Ammonium heptamolybdate tetrahydrate 25 ml Metanole 1.6 mL Sülfürik Asit ilave edildikten sonra 50 ml'ye konuldu üzerine 28 mM (0.2295 g) Ammonium molybdate) ( $H_2MoO_7 \cdot N_6O_{24} \cdot 4H_2O$ ) ve 4mM (0.2472 g) Monobazik Sodyumfosfat ( $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ ) ilave edildi ultarsonik banyoda çözülerek hacmi metanol ile 50 mL' ye tamamlandı.

### 2.4. Numunelerin Temini

Çalışmada kullanılacak olan sumak ekşisi numuneleri üzeri etiketli orijinal ambalajlı olarak piyasadan satın alma yoluyla temin edildi. Sumak ekşisi olarak en az 15 farklı sumak ekşisinin çalışılması planlandı. Bu sayı numunelerin elde edilme durumlarına göre artma ve azalma yönünde değişebilir. Ayrıca sumak ekşisi reçetesi kullanılarak sumak meyvelerinde laboratuvarında kontrol amaçlı sumak ekşisi üretimi yapıldı

### 2.5. Kontrol Sumak Ekşisi Üretimi

2.5 kg Sumak 6 kg suyun içine boşaltılıp ara sıra karıştırılıp 1 gün bekletildi. İçindeki sumaklar süzgeç yardımı ile alındı. Daha sonra bir tülbent yardımı ile süzüldü. Elde edilen süzüntü vakum evaporatör yardımı ile suda çözünür kuru maddesi %65 civarlarına gelinceye kadar suyu buharlaştırılma işlemi yapıldı. Piyasadan alınan ve üretimi yapılan sumak ekşi örneklerinin kodlaması Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 6. Sumak ekşisi örneklerinin kodlaması

| Numune No | Kodu | Örnek Cinsi    | Numune No | Kodu | Örnek Cinsi                        |
|-----------|------|----------------|-----------|------|------------------------------------|
| 1         | N1   | Piyasa Örneği  | 14        | N14  | Glikoz                             |
| 2         | N2   | Piyasa Örneği  | 15        | N15  | %5 Glikoz + %95 Sumak Ekşisi       |
| 3         | N3   | Piyasa Örneği  | 16        | N16  | %15 Glikoz + %85 Sumak Ekşisi      |
| 4         | N4   | Piyasa Örneği  | 17        | N17  | %25 Glikoz + %75 Sumak Ekşisi      |
| 5         | N5   | Piyasa Örneği  | 18        | N18  | Sakkaroz                           |
| 6         | N6   | Piyasa Örneği  | 19        | N19  | %5Sakkaroz + % 95 Sumak Ekşisi     |
| 7         | N7   | Piyasa Örneği  | 20        | N20  | %15Sakkaroz + % 85 Sumak Ekşisi    |
| 8         | N8   | Piyasa Örneği  | 21        | N21  | %25Sakkaroz + % 75 Sumak Ekşisi    |
| 9         | N9   | Piyasa Örneği  | 22        | N22  | İnvert Şeker                       |
| 10        | N10  | Piyasa Örneği  | 23        | N23  | %5 İnvert Şeker +%95 Sumak Ekşisi  |
| 11        | N11  | Piyasa Örneği  | 24        | N24  | %15 İnvert Şeker +%85 Sumak Ekşisi |
| 12        | N12  | Piyasa Örneği  | 25        | N25  | %25 İnvert Şeker +%75 Sumak Ekşisi |
| 13        | N13  | Kontrol Örneği | 26        | N26  | Kontrol Örneği                     |

## 2.6. Tağış Ürünlerinin Hazırlanması

Üretilen kontrol örneklerinden içine belirli oranlarda Fruktoz-Glikoz çözeltisi, Sakkaroz çözeltisi ilavesi yapıldı bunların analizleri aşığıdaki biçimde yapıldı (Tablo 6).

## 2.7. Fizikokimyasal Analizler

Yapılacak laboratuvar analizlerinde TS ISO 3696 standartına uygun nitelikte damıtık su veya buna eş değeri nitelikte saf su kullanıldı. Kullanılan reaktifler tümüyle analitik saflıktadır. Belirteç çözelti TS 2104' e, ayarlı çözelti TS 545'e, göre hazırlandı (TS 545, 2020).

### 2.7.1. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Refraktometre cihazı kullanılarak numunelerdeki suda çözünür katı madde oranı belirlendi. Cihaz, saf su ile kalibre edildi. Analiz için, numuneden alınan yeterli miktarda sumak ekşisi refraktometrenin prizmaları arasına yerleştirildi. Cihaz, kullanım talimatlarına uygun olarak kapatıldı. Gerekli su bağlantıları yapıldı ve örneğin konulduğu bölgenin sıcaklığı 20°C olarak ayarlandı. Sumak ekşisinin % Briks değeri okundu (TS 1466, 2011).



Şekil.1. Suda çözünür kuru madde tayini

### 2.7.2 Titrasyon Asitliği Tayini

Numunelerin titrasyon asitliği değeri için, örnek homojen hale getirilerek 10 g tartıldı ve 75 mL saf su ilave edilip, bir manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırma işlemi yapılarak çözüldü. pH metre cihazının elektrotları çözelti içerisine daldırıldı.



Şekil.2. Titrasyon asitliği tayini

$$\%TA(SSA \text{ Cin.}) = \frac{S \times N \times 0,064 \times 100}{g}$$

Eşitlik 1

TA: Toplam asitlik

S: 0.1 N NaOH sarfıyatı

N: Normalite

g: tartımı yapılan analiz numunesi

Süspansiyon, bir manyetik balık kullanılarak karıştırıldı ve 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisi ile pH değeri 8.3'e ulaşana kadar titrasyon yapıldı. Titrasyonun hızlı gerçekleşmesi ve son noktanın geçilme riski nedeniyle NaOH çözeltisinin eklenmesi yavaşça yapıldı. Eklenen NaOH miktarı kaydedildi. Tüm örneklerde susuz sitrik asit cinsinden yüzde (m/m) olarak hesaplandı (TS 1125, 2002). İşlemler tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlar değerlendirildi (TS 1125, 2002).

### 2.7.3. pH Tayini

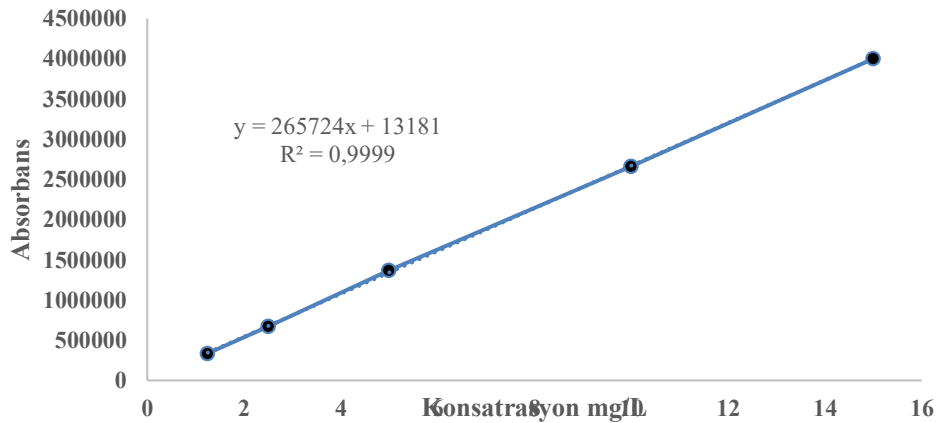
Numunelerin pH değerleri, TS 1728 ISO 1842 (Meyve ve sebze ürünleri - pH tayini) standardına uygun olarak ölçüldü. Örnek, homojen bir karışım elde edilene kadar çalkalandı ve bir beher içine aktarıldı. pH metre, 4.00 ve 7.00 tampon çözeltileri ile kalibre edildi. Cihazın pH elektrodu, homojenize edilmiş örneğe batırıldı. Ölçüm 20±2 °C sıcaklıkta gerçekleştirildi. (TS 1728 ISO 1842, 2001).



Şekil.3. pH tayini

#### 2.7.4 Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini

Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini, Baltacı ve Akşit'in (2016) yöntemine uygun olarak yapıldı. Tüm örnekler karıştırıcıda tamamen parçalanarak homojenize edildi. 5 gram numune tartılıp 50 mL'lik balon jojeye aktarıldı ve çözünürlüğü sağlamak için 25 mL distile su eklendi. HMF bileşeninin denatürasyonunu önlemek için 0.5 mL Karrez I ve 0.5 mL Karrez II çözeltileri ilave edildi. Daha sonra örnek, bir huni yardımıyla süzüldü. Not: Pekmez, marmelat, reçel, pestil, köme ve nar ekşisi gibi ürünlerde kullanılan miktar, tahmini konsantrasyona bağlı olarak daha düşük olmalıdır. Çözelti, 0.45 mikronluk bir filtre kullanılarak viallara alındı ve şartlandırılmış HPLC sistemine enjekte edildi.

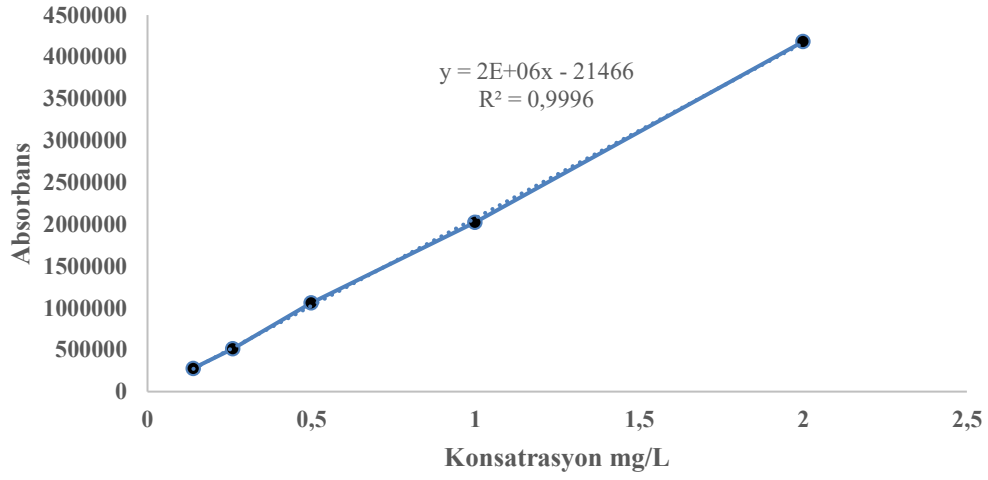


Şekil.4. HMF analizi kalibrasyon grafiği

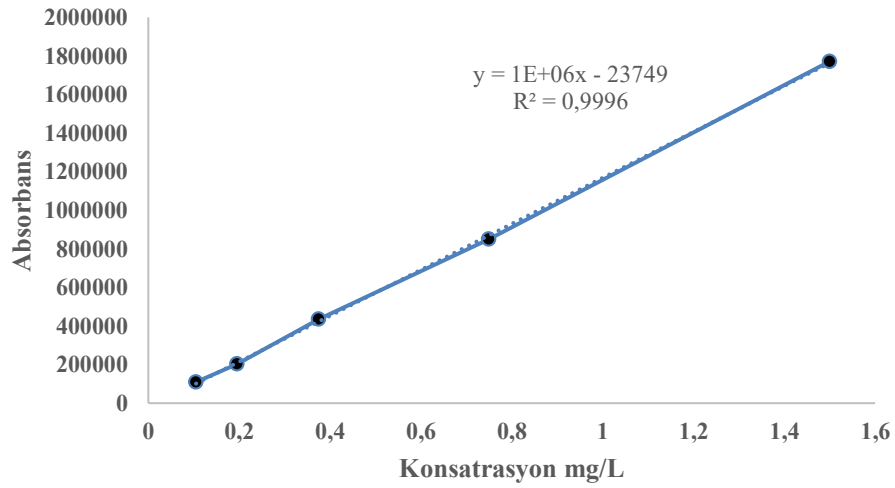
#### 2.7.5. Sakaroz, Glukoz ve Fruktoz Tayini

Glukoz, fruktoz, sakkaroz ve toplam şeker, analizleri IHC (2009)'a göre yapıldı. Deney için numuneden 2.50 g tartılıp, 40 mL damıtık suda ısıtılmadan çözüldü. Ardından

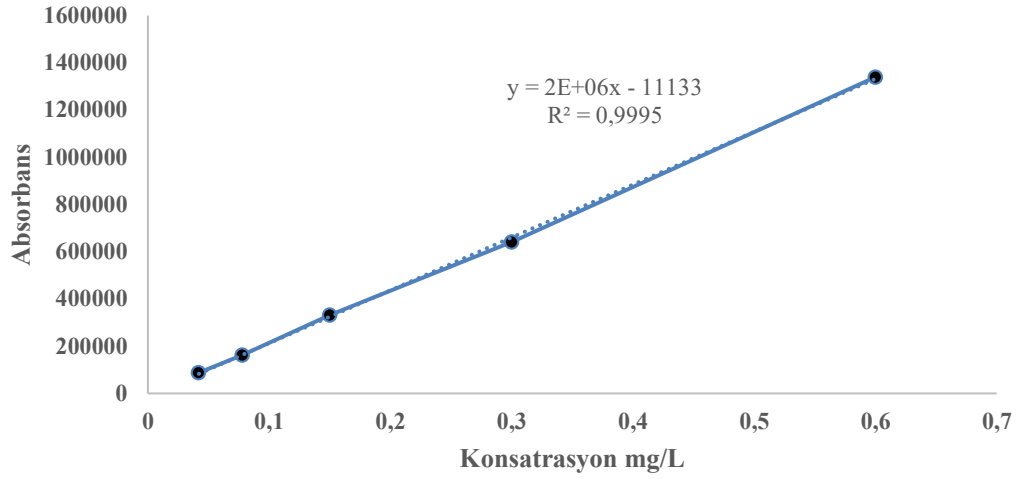
10 mL metanol bulunan balon jojeye aktarıldı. Çözelti süzme amaçlı olarak membran filtreden geçirilip ve viallere aktarıldı. Analizler Thermo finigan marka HPLC-UV cihazında yapıldı.



Şekil 5. Fruktoz analizi kalibrasyon grafiği



Şekil 6. Glikoz analizi kalibrasyon grafiği



Şekil 7. Sakkaroz analizi kalibrasyon grafiği

### 2.7.6 Renk Analizi

Sumak ekşilerinin renk değerleri Hunter Kolorimetresi kullanıldı. Numuneler bir kap içerisine alınarak Hunter Kolorimetresi cihazı yardımı ile L\*, a\* ve b\* renk değerleri belirlendi. Ölçümlerde a değeri numunenin kırmızı yada yeşil rengini, b değeri sarı yada mavi rengini ifade etmekte iken L değeri ise 0 ve 100 (siyah ve beyaz) arasındaki aydınlık derecelerini gösterir (Quek vd., 2007).



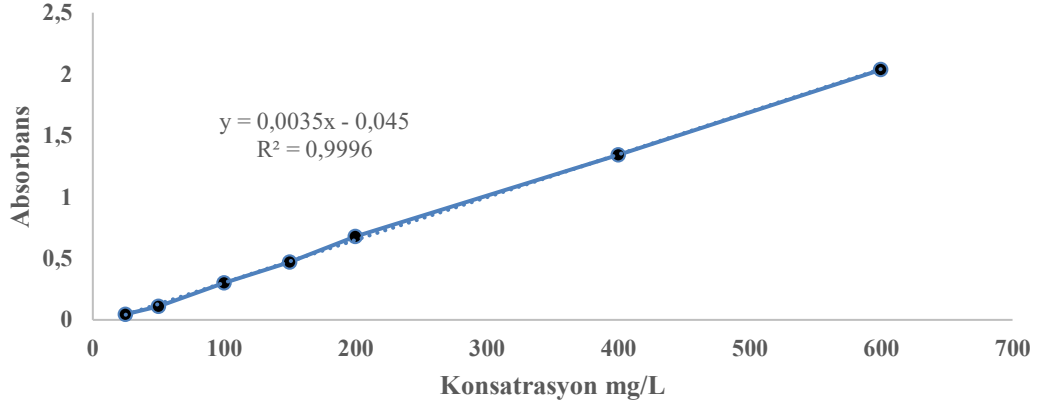
Şekil 8. Renk tayini

## 2.8 Toplam Fenolik, Flavanoid, Antioksidan Ve Antioksidan Tayini

### 2.8.1 Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Tayini

Toplam antioksidan kapasite çözeltisi:  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4 \text{ H}_2\text{O}$  bileşiği 25 ml metanole 1.6 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ilave edildikten sonra 50 ml'ye konuldu üzerine 28 mM (0.2295 g) amonyum molibdat ( $\text{H}_24\text{Mo}_7\text{N}_6\text{O}_{24} \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$ ) ve 4 mM (0.2472 g) monobazik Sodyumfosfat ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) ilave edilerek ultarsonik banyoda çözülecek ve hacmi

metanol ile 50 mL' ye tamamlandı. K r analiz için 500  L saf su kullanıldı. Numuneden 500  L alınarak üzerine saf su (2500)  L ilave edildi. Karışıma 1000  L molybdate TAK  z ltisi eklendi. Karışım 10 dakika vortekslenerek ve 95  C su banyosunda 90 dakika boyunca ağızları kapalı biçimde inkübasyona bırakıldı.

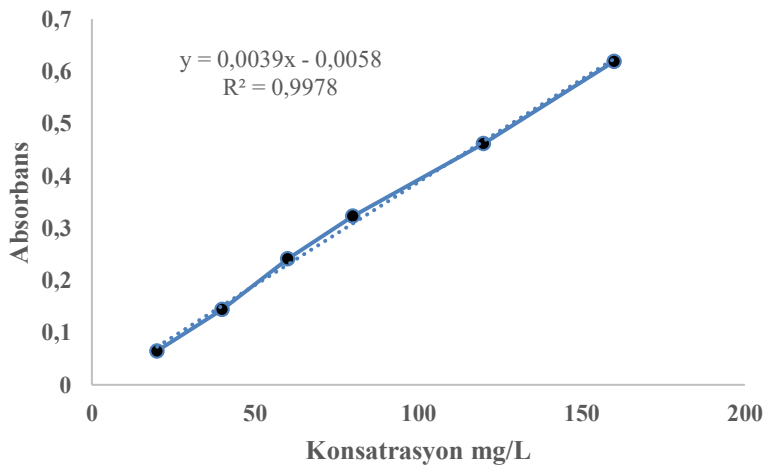


Şekil 9. TAK kapasite analizi kalibrasyon grafiği

Ardından karışım su altında soğutuldu. Son olarak elde edilen karışımlarının absorbansı 695 nm k re karşı spektrofotometre cihazında okundu (Kasangana vd., 2015).

### 2.8.2. Toplam Fenolik Kapasite Tayini (TFK)

Öncelikle, numunelerde den 300  L alınarak 3.4 mL saf su eklenmiştir. Daha sonra, karışıma 500  L metanol ve 200  L Folin–Ciocalteu reaktifi ilave edilmiştir.

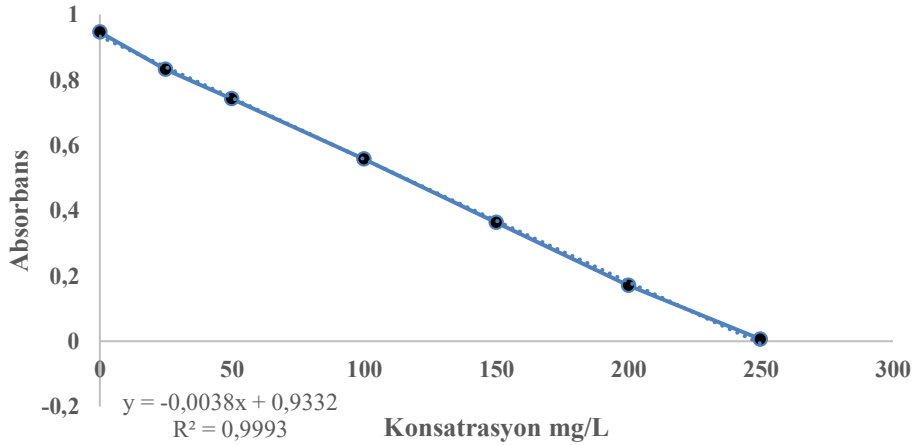


Şekil 10. TFK kapasite analizi kalibrasyon grafiği

Karışım, oda sıcaklığında vortekslenerek 10 dakika inkübe edildi ve ardından 600 µL %10'luk Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra, karışım oda sıcaklığında karanlıkta 120 dakika daha inkübe edilerek vortekslenmiş ve 760 nm dalga boyunda absorbansı ölçülmüştür. Kör numuneler için 3.7 mL su, 500 µL metanol, 100 µL Folin-Ciocalteu reaktifi ve 600 µL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> karışımı kullanılmıştır. Örneklerdeki fenolik madde miktarları, galik asit çözeltisinin (20, 40, 60, 80, 120, 160 ve 250 µg/mL) kullanıldığı kalibrasyon eğrisine dayalı doğrusal denklem kullanılarak mg GA Eşdeğeri/L olarak hesaplanmıştır (Kasangana ve diğerleri, 2015).

### 2.8.3. DPPH Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi Tayini

Ana stok DPPH ( 10 mM) Reaktifinin hazırlanması: Reaktif hazırlamada 10 ml metanol içinde 39.5 mg DPPH (2,2 diphenyl 1- picpylhrazyl) çözüldü. DPPH çalışma çözeltisinin hazırlanması: İlk olarak, ana stok çözeltisinden 2.5 mL alınıp 250 mL'ye metanol ile tamamlandı.

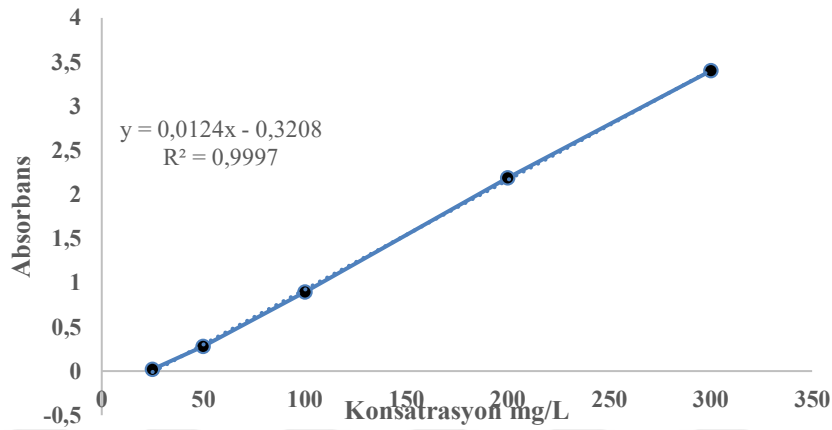


Şekil 11. DPPH kapasite analizi kalibrasyon grafiği

Bu çözeltinin absorbansı, 517 nm'de  $0.980 \pm 0.02$  değerine ayarlanarak okundu. Daha sonra, 100 µL sumak ekşisi örneği alınıp 3000 µL DPPH çalışma çözeltisine eklendi. Karışım vortekslenerek 30 dakika bekletildi. Elde edilen çözeltinin absorbansı, 517 nm'de spektrofotometre ile ölçüldü. Kör numune olarak 100 µL metanol kullanıldı. Standartlar için (askorbik asit ve troloks), 100 µL alınıp aynı işlemler uygulandı (Ahmed ve ark., 2015).

#### 2.8.4. FRAP Toplam Demir İndirgeme Antioksidan Kapasitesi Tayini

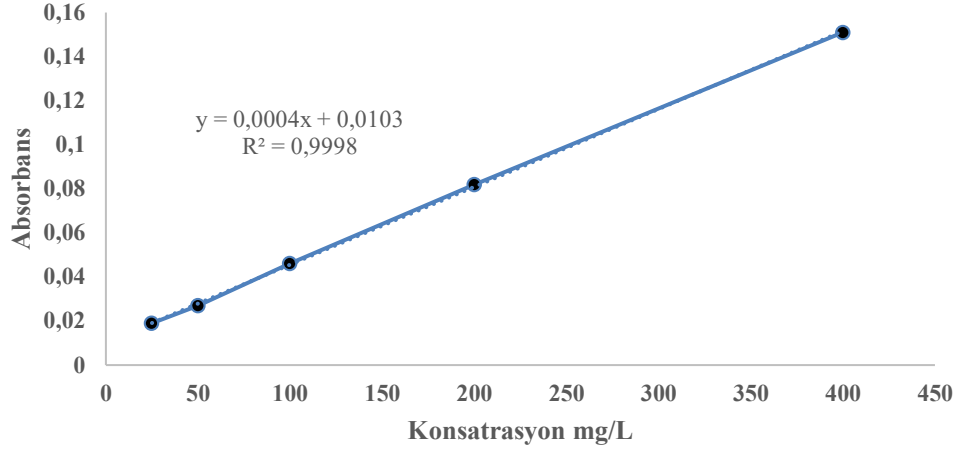
Öncelikle, 250 µL sumak ekşisi alınarak 2750 µL FRAP çözeltisi ile karıştırıldı. Karışım vortekslenerek 30 dakika süreyle inkübe edildi. Deneyde kör numune olarak 250 µL saf su kullanıldı. Aynı prosedür standartlar için de uygulandı. FRAP maddelerinin miktarları; FeSO<sub>4</sub> (25.00, 50.00, 100, 200 ve 400.00 µg/ml) çözeltisinin kullanıldığı kalibrasyon eğrisinin doğrusal denklemi ile hesaplanarak, toplam demir indirgeme antioksidan kapasitesi mg FeSO<sub>4</sub> eşdeğeri/kg cinsinden ifade edildi (Ahmed ve ark., 2015).



Şekil 12. FRAP kapasite analizi kalibrasyon grafiği

#### 2.8.5. Toplam Flavonoid Kapasite İçeriği (TFLK)

500 µL sumak ekşisi örneğine 3200 µL %30 (v/v) metanol eklendi. Karışım vortekslenerek, üzerine 150 µL 0.5 M sodyum nitrit çözeltisi ve ardından 150 µL 0.3 M alüminyum klorür çözeltisi ilave edildi. 5 dakika bekletildikten sonra 1 mL 1 M NaOH çözeltisi eklendi. Karışım yeniden vortekslenerek, 10 dakika bekletildikten sonra spektrofotometrede 506 nm'de absorbans okuması yapıldı. Kör numune olarak 500 µL saf su kullanıldı ve standartlardan 500 µL alınarak aynı işlemler tekrarlandı.

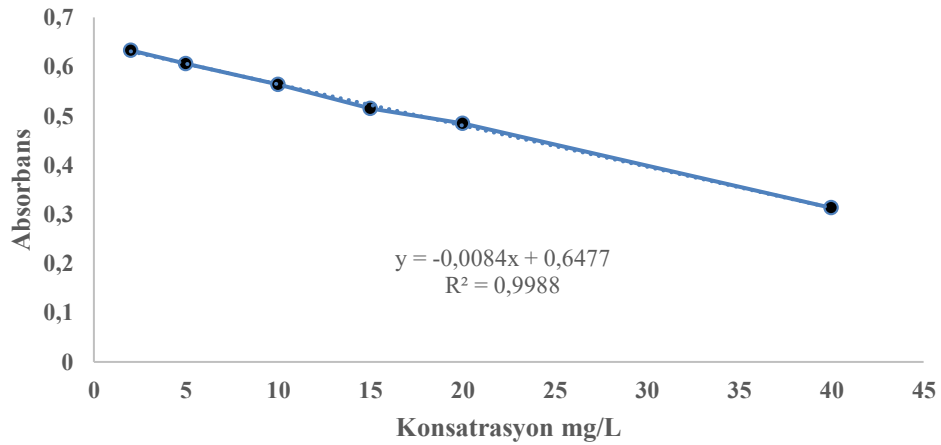


Şekil 13. TFLK kapasite analizi kalibrasyon grafiği

Toplam flavonoid içerikleri; Kateşin (Etanolde çözüldü) (25, 50, 100, 200 ve 400 µg/mL) çözeltisi kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrisinin doğru denklemini kullanarak, mg Kateşin Eşdeğeri/L cinsinden ifade edilmiştir (Kasangana et al., 2015).

#### 2.8.6. ABTS Radikal Katyonu Süpürücü Etki Tayini

ABTS ana stok çözeltisinin hazırlanması: 10 mL saf su içerisine 0.0134 g ABTS ve 0.0384 mg potasyum persulfat çözüldürüldü. Elde edilen çözeltiden 10 mL alınıp, 100 mL'lik balon jode saf su ile 1:9 (v/v) oranında seyreltilti. Çözeltinin stabil olması için 12 saat boyunca karanlıkta muhafaza edildi. ABTS çalışma çözeltisinin hazırlanması: İlk olarak, ana stok çözeltisinden 1 mL alınıp 60 mL metanol ile seyreltilti.



Şekil 14. ABTS kapasite analizi kalibrasyon grafiği

Çözeltinin absorbansı 734 nm'de ölçülerek  $0.706 \pm 0.001$  değerine ayarlandı. 150 µL sumak ekşisi örneği alınarak 2850 µL ABTS çalışma çözeltisi eklendi. Karışım vorteks yapıldı ve 120 dakika karanlıkta inkübe edildi. Daha sonra oluşan çözeltinin absorbansı 734 nm'de spektrofotometre ile okundu. Kontrol için 150 µL metanol kullanıldı. Standartlar olan askorbik asit ve troloks'tan 150 µL alınarak aynı işlemler uygulandı (Ahmed ve ark., 2015).

## 2.9. FTIR Analizleri

FTIR analizi Perkin Elmer marka spektrum 100 cihazından yapıldı. Saf ve tağşiş uygulanmış örnek spektrumlarının değerlendirilmesi yapıldı. Farklı oranlarda tağşiş uygulanmış örnek spektrumlarının karşılaştırılması yapıldı. PCA (Temel Bileşen Analizi) Sonuçları ve PLS-DA (En küçük kareler- Diskriminant Analizi) Sonuçları değerlendirilerek tağşiş durumu ortaya konuldu.



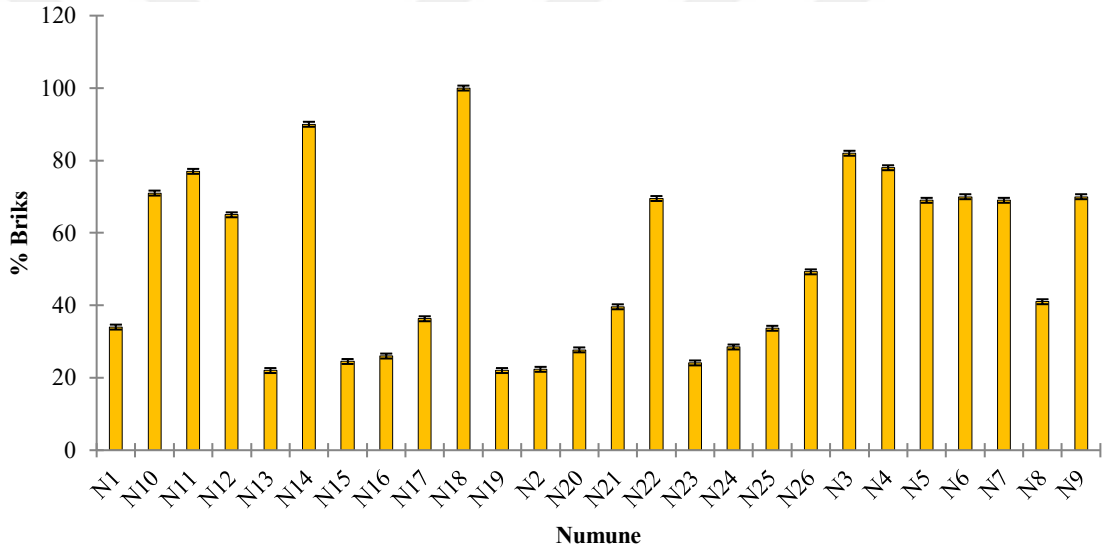
Şekil 15. FTIR anliz yapılan cihaz

Sumak ekşisi örneklerinin nitel ve nicel analizlerinde sırasıyla kısmi en küçük kareler-diskriminant analizi (PLS-DA) ve PLS kemometrik yöntemleri kullanıldı. PLS-DA modelleri, saf sumak ekşisi numunelerinin ve glikoz şurubu gibi diğer şekerler karıştırılmış ekşi numunelerinin ayırt edilmesinde kullanıldı.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1. Sumak Ekşisi Örneklerinin % Briks Değerleri

Kullanılan meyve, eklenen şeker miktarı ve pişirme yöntemi, örneğin reçel ve marmelatlar da briks yüzdesini etkileyebilecek değişkenlerden bazılarıdır. Meyvelere ait ekşilerde % briks genellikle yaklaşık %65 ile %68 arasında değişir. Bir çözeltideki şeker miktarını belirten Briks ölçümü, reçel ve marmelat gibi mutfak öğelerinin ne kadar tatlı olduğunu ölçmek için sıklıkla kullanılır. Çözeltinin tamamındaki şekerin ağırlık yüzdesi olarak hesaplanır (Wojdyłovd., 2014)



Şekil 16. Suda çözünür kuru madde (% briks) değerleri sütun grafiği

Kontrol çalışması için hazırladığımız ve piyasadan satın aldığımız sumak ekşisi örneklerinin %Briks değerleri Tablo 7'de görülmektedir. Sonuçlar N3 piyasa örneğinin numaralı numunenin %82 ile en yüksek Briks seviyesine sahip olduğunu gösterdi. N13 kontrol örneği sayısı ile tanımlanan sumak ekşisi numunesi %22.0, bulunan en düşük Briks seviyesine sahiptir. Laboratuvar ortamında rotary evaporatör kullanılarak hazırlanan N13 ve N26 sumak ekşisi kontrol örneklerinin briks değerleri sırasıyla %22.0 ve %49.25 olarak bulunmuştur. Şekil 16'da analizimizde kullanılan sumak ekşisi örneklerinin % briks seviyeleri sütun grafik olarak gösterilmektedir (Şekil 16). %Briks

analizi HMF, Fruktöz, Glikoz, Toplam Şeker analizleri ile sırasıyla, 0.388, 0.395, 0.548, 0.422 ve 0.713 güçlü pozitif korelasyon göstermiştir (Tablo 8).

Genel olarak Briks değerleri, sumak ekşisi numunelerindeki şeker içeriğini gösterir; hazırlama yöntemine ve muhtemelen kullanılan meyvelerin olgunluğu gibi diğer faktörlere bağlı olarak gözlemlenen farklılıklar vardır. Ayrıca sumak ekşisinin Briks seviyelerinde şekerlerin önemli bir rol oynadığı ve koyulaştırma işleminin şeker birikimini etkileyebileceği anlaşılmaktadır.

Sumak ekşisinde Briks yüzdesi, bunların kalitesinin ve özgünlüğünün önemli bir göstergesidir. Otantik sumak ekşileri tipik olarak kullanılan meyveye ve eklenen şeker miktarına bağlı olarak belirli bir Briks aralığına sahiptir. Bu aralıktan sapmalar potansiyel taklidin göstergesi olabilir. Taklit ürünlerde şeker yerine daha az meyve veya daha ucuz tatlandırıcı kullanılması nedeniyle Briks seviyeleri daha düşük olabilir. Alternatif olarak, yüksek fruktozlu mısır şurubu veya diğer katkı maddelerinin eklenmesiyle Briks seviyelerini yapay olarak artırmış olabilirler.

Tağşiş, hacmi artırmak veya üretim maliyetlerini düşürmek için ürüne kasıtlı olarak madde eklenmesini içerir. Bu, su, koyulaştırıcı maddeler veya daha ucuz meyvelerin eklenmesini içerebilir. Briks ölçümü, şeker içeriğindeki tutarsızlıkları ortaya çıkararak taşşişin tespit edilmesine yardımcı olabilir. Örneğin, eğer Briks seviyesi beyan edilen meyve içeriğine göre beklenenden önemli ölçüde düşükse, bu durum su ile seyreltme veya ilave dolgu maddeleri anlamına gelebilir. Tersine, aşırı yüksek Briks seviyeleri, düşük kaliteli meyvelerin veya dolgu maddelerinin varlığını maskeleyerek için konsantre tatlandırıcıların veya şeker şurupları eklenmektedir.

Yapmış olduğum çalışmada N13 ve N26 kontrol örneklerinin briks değerleri sırasıyla %22.0 ve %49.25 olarak bulunmuştur N13 nolu örnek hazırlanırken sumak bitkisinin meyvelerinin çekirdekleri ile beraber ekşi hazırlandı. N26 nolu örnekte ise sumak bitkisine ait meyvelerin sadece meyve kısımları kullanıldı. Toplam şeker N13 nolu örnek için % 1.92 ve N26 nolu örnek için toplam şeker %1.36 olarak bulundu. % briks oranlarının düşük olmasına rağmen her iki sumak ekşisi de kıvam olarak kıvamlı bir yapıya sahipti. Tağşiş anlamında % briks ve toplam şeker miktarı ayır edici bir parametre olarak değerlendirilebilir.

Tablo 7. Örneklerle ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

| Numune | % Briks                      | % Asitlik<br>(Sitrik Asit Cin.) | pH                           | HMF<br>mg/kg                    | % Fruktoz<br>(m/m)           | % Glikoz<br>(m/m)           | % Sakkaroz<br>(m/m)         | Toplam Şeker<br>% (m/m)      |
|--------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| N1     | 34.00 <sup>e</sup><br>±1.73  | 4.13 <sup>b</sup><br>±0.02      | 2.03 <sup>cd</sup><br>±0.10  | 747.56 <sup>e</sup><br>±27.68   | 0.21 <sup>a</sup><br>±0.00   | 10.08 <sup>d</sup><br>±0.04 | 19.15 <sup>e</sup><br>±0.09 | 29.23 <sup>f</sup><br>±0.10  |
| N2     | 22.33 <sup>a</sup><br>±0.58  | 1.21 <sup>a</sup><br>±0.08      | 2.89 <sup>f</sup><br>±0.02   | 406.64 <sup>c</sup><br>±13.06   | 5.38 <sup>c</sup><br>±0.01   | 9.58 <sup>c</sup><br>±0.23  | 2.13 <sup>b</sup><br>±0.06  | 17.08 <sup>c</sup><br>±0.31  |
| N3     | 81.74 <sup>o</sup><br>±0.46  | 6.00 <sup>bc</sup><br>±0.32     | 2.26 <sup>c</sup><br>±0.13   | 215.03 <sup>b</sup><br>±12.58   | 0.54 <sup>a</sup><br>±0.01   | 11.58 <sup>c</sup><br>±0.24 | 18.83 <sup>e</sup><br>±0.40 | 30.94 <sup>e</sup><br>±0.64  |
| N4     | 77.67 <sup>n</sup><br>±1.53  | 9.74 <sup>ef</sup><br>±0.03     | 1.79 <sup>b</sup><br>±0.02   | 5956.92 <sup>i</sup><br>±327.00 | 23.88 <sup>g</sup><br>±0.09  | 29.45 <sup>f</sup><br>±0.06 | 0.05 <sup>a</sup><br>±0.00  | 53.38 <sup>g</sup><br>±0.14  |
| N5     | 69.33 <sup>k</sup><br>±0.40  | 4.62 <sup>b</sup><br>±0.08      | 2.11 <sup>cde</sup><br>±0.07 | 1728.87 <sup>f</sup><br>±97.25  | 0.58 <sup>a</sup><br>±0.01   | 3.21 <sup>b</sup><br>±0.03  | 18.29 <sup>c</sup><br>±0.49 | 22.07 <sup>d</sup><br>±0.45  |
| N6     | 70.74 <sup>kl</sup><br>±0.65 | 8.98 <sup>def</sup><br>±0.31    | 3.37 <sup>hi</sup><br>±0.04  | 355.30 <sup>c</sup><br>±19.13   | 19.63 <sup>f</sup><br>±0.10  | 25.66 <sup>c</sup><br>±0.33 | 0.22 <sup>a</sup><br>±0.02  | 45.51 <sup>f</sup><br>±0.43  |
| N7     | 68.77 <sup>k</sup><br>±0.69  | 7.55 <sup>cde</sup><br>±0.01    | 1.90 <sup>bc</sup><br>±0.02  | 33.48 <sup>a</sup><br>±1.44     | 26.32 <sup>h</sup><br>±0.12  | 35.18 <sup>g</sup><br>±2.56 | 0.38 <sup>a</sup><br>±0.07  | 61.87<br>±2.74               |
| N8     | 41.15 <sup>h</sup><br>±0.26  | 27.64 <sup>h</sup><br>±4.06     | 2.12 <sup>cde</sup><br>±0.01 | 558.07 <sup>d</sup><br>±32.73   | 0.47 <sup>a</sup><br>±0.01   | 0.58 <sup>ab</sup><br>±0.02 | 0.14 <sup>a</sup><br>±0.03  | 1.19 <sup>a</sup><br>±0.01   |
| N9     | 69.88 <sup>kl</sup><br>±0.20 | 10.10 <sup>f</sup><br>±0.52     | 1.72 <sup>b</sup><br>±0.02   | 1899.38 <sup>g</sup><br>±59.98  | 16.66 <sup>c</sup><br>±6.27  | 23.20 <sup>d</sup><br>±6.91 | 3.42 <sup>b</sup><br>±3.17  | 43.27 <sup>f</sup><br>±10.02 |
| N10    | 71.11 <sup>l</sup><br>±0.18  | 7.00 <sup>cd</sup><br>±0.19     | 1.91 <sup>bc</sup><br>±0.03  | 3932.40 <sup>h</sup><br>±18.97  | 24.16 <sup>g</sup><br>±0.99  | 31.03 <sup>f</sup><br>±1.44 | 0.07 <sup>a</sup><br>±0.01  | 55.27 <sup>g</sup><br>±2.43  |
| N11    | 76.88 <sup>m</sup><br>±0.83  | 5.94 <sup>bc</sup><br>±0.02     | 2.13 <sup>de</sup><br>±0.06  | 8117.65 <sup>j</sup><br>±207.51 | 0.28 <sup>a</sup><br>±0.03   | 2.85 <sup>ab</sup><br>±0.14 | 20.74 <sup>f</sup><br>±0.40 | 23.86 <sup>d</sup><br>±0.23  |
| N12    | 65.40 <sup>j</sup><br>±0.38  | 60.74 <sup>i</sup><br>±5.15     | 1.52 <sup>a</sup><br>±0.07   | 3.40 <sup>a</sup><br>±2.12      | 25.86 <sup>gh</sup><br>±0.21 | 35.85 <sup>g</sup><br>±0.34 | 0.32 <sup>a</sup><br>±0.01  | 62.02 <sup>h</sup><br>±0.15  |
| N13    | 22.17 <sup>a</sup><br>±0.56  | 1.82 <sup>a</sup><br>±0.01      | 3.37 <sup>hi</sup><br>±0.01  | 11.83 <sup>a</sup><br>±0.01     | 0.87 <sup>a</sup><br>±0.02   | 0.81 <sup>ab</sup><br>±0.02 | 0.26 <sup>a</sup><br>±0.01  | 1.92 <sup>a</sup><br>±0.01   |
| N14    | 90.10 <sup>p</sup><br>±0.51  | 0.01 <sup>a</sup><br>±0.00      | 6.54 <sup>l</sup><br>±0.37   | 0.01 <sup>a</sup><br>±0.01      | 0.01 <sup>a</sup><br>±0.01   | 90.30 <sup>h</sup><br>±0.10 | 0.01 <sup>a</sup><br>±0.01  | 90.30 <sup>i</sup><br>±0.10  |
| N15    | 24.62 <sup>b</sup><br>±0.21  | 1.12 <sup>a</sup><br>±0.01      | 3.17 <sup>gh</sup><br>±0.00  | 8.62 <sup>a</sup><br>±0.33      | 0.89 <sup>a</sup><br>±0.03   | 1.19 <sup>ab</sup><br>±0.04 | 0.26 <sup>a</sup><br>±0.01  | 2.31 <sup>a</sup><br>±0.02   |
| N16    | 26.29 <sup>c</sup><br>±0.41  | 1.63 <sup>a</sup><br>±0.03      | 3.22 <sup>hi</sup><br>±0.00  | 11.60 <sup>a</sup><br>±0.28     | 0.89 <sup>a</sup><br>±0.04   | 1.79 <sup>ab</sup><br>±0.05 | 0.26 <sup>a</sup><br>±0.01  | 2.90 <sup>a</sup><br>±0.02   |
| N17    | 36.47 <sup>f</sup><br>±0.19  | 1.41 <sup>a</sup><br>±0.01      | 3.32 <sup>hi</sup><br>±0.03  | 13.10 <sup>a</sup><br>±0.25     | 0.91 <sup>a</sup><br>±0.03   | 3.39 <sup>b</sup><br>±0.10  | 0.26 <sup>a</sup><br>±0.01  | 4.49 <sup>ab</sup><br>±0.02  |
| N18    | 99.92 <sup>q</sup><br>±0.12  | 0.01 <sup>a</sup><br>±0.01      | 5.49 <sup>j</sup><br>±0.37   | 0.01 <sup>a</sup><br>±0.01      | 0.01 <sup>a</sup><br>±0.01   | 0.01 <sup>a</sup><br>±0.01  | 99.64 <sup>i</sup><br>±2.89 | 99.98 <sup>i</sup><br>±0.01  |
| N19    | 22.19 <sup>a</sup><br>±0.59  | 1.67 <sup>a</sup><br>±0.02      | 3.32 <sup>hi</sup><br>±0.00  | 17.16 <sup>a</sup><br>±0.13     | 1.02 <sup>a</sup><br>±0.03   | 0.85 <sup>ab</sup><br>±0.03 | 6.27 <sup>c</sup><br>±0.18  | 8.14 <sup>b</sup><br>±0.23   |
| N20    | 27.54 <sup>d</sup><br>±0.36  | 1.52 <sup>a</sup><br>±0.04      | 3.31 <sup>hi</sup><br>±0.01  | 20.30 <sup>a</sup><br>±0.06     | 1.13 <sup>a</sup><br>±0.03   | 0.94 <sup>ab</sup><br>±0.03 | 14.04 <sup>d</sup><br>±0.42 | 15.84 <sup>c</sup><br>±0.13  |
| N21    | 39.57 <sup>g</sup><br>±0.44  | 1.34 <sup>a</sup><br>±0.01      | 3.41 <sup>i</sup><br>±0.01   | 25.47 <sup>a</sup><br>±0.02     | 1.36 <sup>ab</sup><br>±0.04  | 1.10 <sup>ab</sup><br>±0.03 | 27.09 <sup>g</sup><br>±0.81 | 29.07 <sup>e</sup><br>±0.23  |

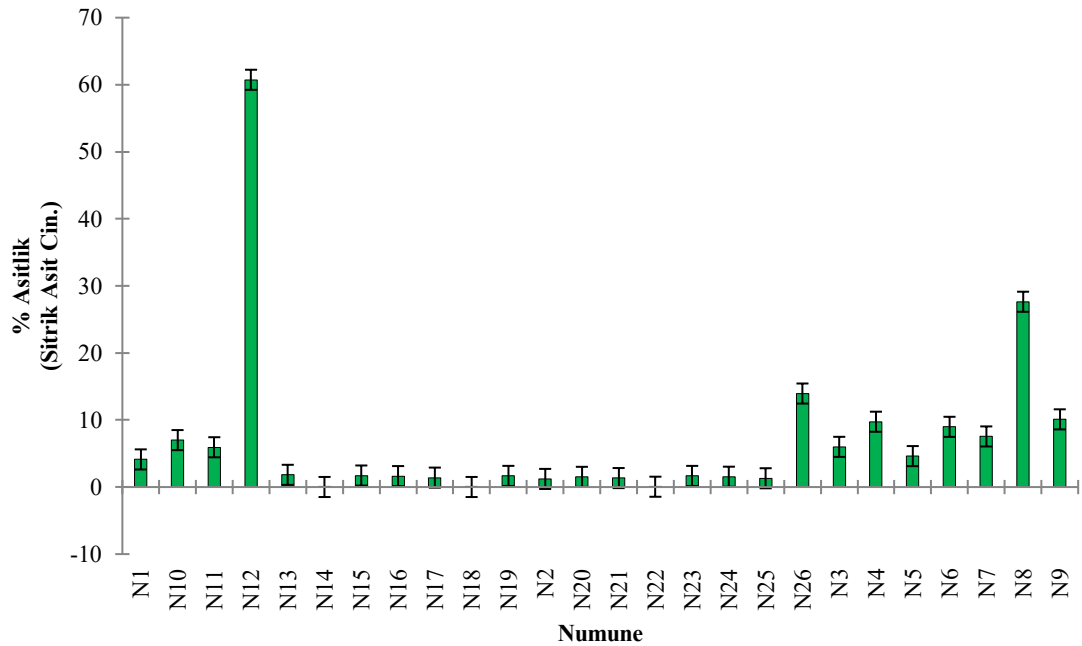
Tablo 7. (Devamı)

|     |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |
|-----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N22 | 69.39 <sup>k</sup><br>±0.33 | 0.06 <sup>a</sup><br>±0.02  | 5.97 <sup>k</sup><br>±0.22  | 7.60 <sup>a</sup><br>±0.13  | 10.93 <sup>d</sup><br>±0.31 | 11.83 <sup>c</sup><br>±0.36 | 31.62 <sup>h</sup><br>±0.90 | 53.49 <sup>h</sup><br>±0.24 |
| N23 | 24.33 <sup>b</sup><br>±0.47 | 1.68 <sup>a</sup><br>±0.04  | 3.33 <sup>hi</sup><br>±0.08 | 11.18 <sup>a</sup><br>±0.17 | 1.44 <sup>ab</sup><br>±0.04 | 1.24 <sup>ab</sup><br>±0.04 | 2.11 <sup>b</sup><br>±0.12  | 4.71 <sup>ab</sup><br>±0.11 |
| N24 | 28.30 <sup>d</sup><br>±0.28 | 1.54 <sup>a</sup><br>±0.01  | 3.37 <sup>hi</sup><br>±0.03 | 12.38 <sup>a</sup><br>±0.27 | 2.01 <sup>ab</sup><br>±0.06 | 1.78 <sup>ab</sup><br>±0.05 | 3.45 <sup>b</sup><br>±0.12  | 7.12 <sup>b</sup><br>±0.10  |
| N25 | 33.48 <sup>e</sup><br>±0.30 | 1.31 <sup>a</sup><br>±0.02  | 3.25 <sup>hi</sup><br>±0.02 | 15.42 <sup>a</sup><br>±0.15 | 3.47 <sup>bc</sup><br>±0.11 | 3.12 <sup>b</sup><br>±0.11  | 7.41 <sup>c</sup><br>±0.21  | 13.77 <sup>c</sup><br>±0.15 |
| N26 | 49.25 <sup>i</sup><br>±0.66 | 13.95 <sup>g</sup><br>±0.12 | 2.98 <sup>fg</sup><br>±0.02 | 13.82 <sup>a</sup><br>±0.59 | 0.48 <sup>a</sup><br>±0.01  | 0.69 <sup>ab</sup><br>±0.04 | 0.20 <sup>a</sup><br>±0.01  | 1.36 <sup>a</sup><br>±0.04  |

Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

### 3.2. Sumak Ekşisi Örneklerinin % Asitlik Değerleri ve pH

Gıda sektöründe kalite kriteri olarak daha çok “asitlik” kavramı önemlidir. Bazı gıda proseslerinde son ürün ya da hammadde kalitesinin değerlendirilmesi, uygulanacak işlem ve şartlarının netleştirilmesi ve proses basamaklarının izlenebilmesi için asitlik tayini gerçekleştirilmektedir. Gıdalarda birçok organik asit bulunmaktadır. Bunlar, ya doğal olarak (yapısal bir bileşik halinde) gıdada bulunur ya da fermentasyon yoluyla oluşurlar. Gıdalardaki organik asitler, bazı gıdaların Tat-aroma, renk parlaklığı, stabilite ve kalitesinin korunmasında önemli bir rol oynayabilir (Li vd., 2022).

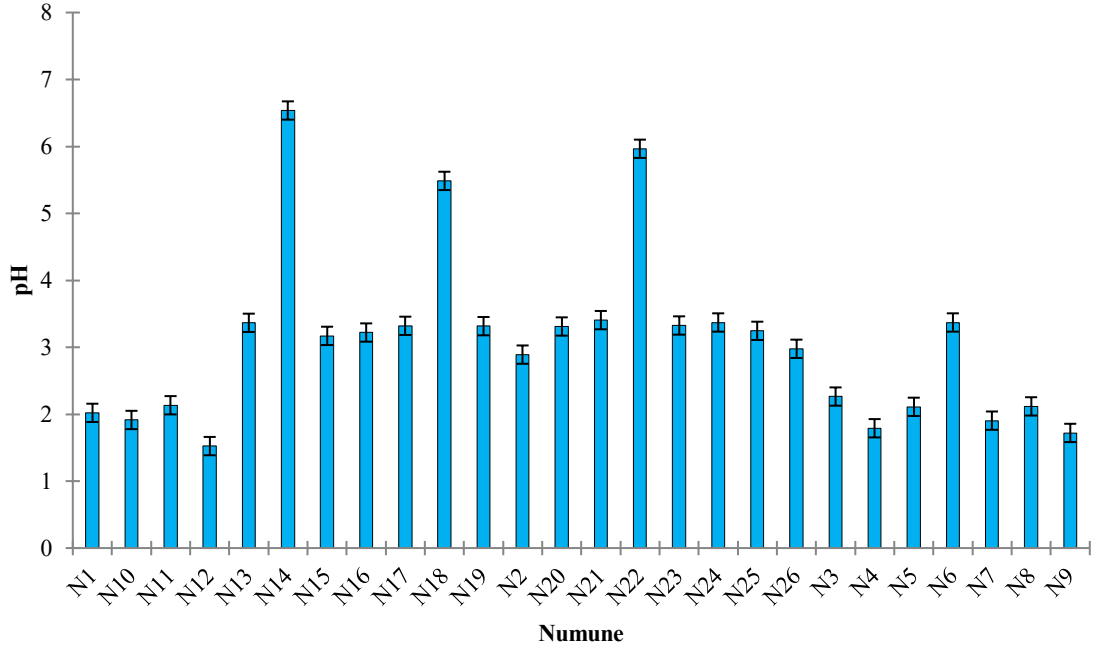


Şekil 17. Asitlik değerleri sütun grafiği

Gıdalardaki asitlik öncelikle asidik bileşiklerin, özellikle de organik asitlerin varlığından etkilenir. Bu asitler ekşi tada katkıda bulunur ve gıdanın korunmasında, lezzetinde ve dokusunda önemli bir rol oynar. Bir gıdanın asitliği tipik olarak bir çözeltideki hidrojen iyonlarının konsantrasyonunu ölçen pH ölçeği kullanılarak ölçülür. Daha düşük bir pH değeri, daha yüksek asitliği gösterirken, daha yüksek bir pH değeri, daha düşük asitliği veya bazlılığı gösterir. Gıdalarda asitlik ve pH'a katkıda bulunan bazı genel faktörler; Birçok meyve, sebze ve fermente gıda, doğal olarak oluşan organik asitleri içerir (Tyl ve Sadler, 2017). Örnekler arasında turuncgillerdeki sitrik asit, elmalardaki malik asit, üzümlerdeki tartarik asit ve fermente süt ürünlerindeki laktik asit yer alır. Bu asitler, gıda işleme sırasında mikrobiyal fermantasyon veya enzimatik reaksiyonlarla üretilir. Bira yapımında, şarap yapımında, yoğurt üretiminde ve ekşi mayalı ekmek pişirmede kullanılan fermantasyon işlemleri, şekerlerin maya, bakteri veya mantar gibi mikroorganizmalar tarafından organik asitlere dönüştürülmesini içerir. Bu işlem, gıdanın pH'ını düşürür ve karakteristik tat ve dokusuna katkıda bulunur. Gıda katkı maddeleri, asitlik düzenleyiciler veya gıda asitleri, gıda işlemede pH'ı ayarlamak, lezzeti arttırmak ve raf ömrünü uzatmak için yaygın olarak kullanılan katkı maddeleridir. Örnekler arasında sitrik asit, asetik asit (sirke) ve fosforik asit bulunur (Ukwo vd., 2022).

Tablo 8. Fiziksel, kimyasal ve antioksidan analiz sonuçlarına ait korelasyonlar

| Analiz Değişkenleri              | % Briks       | % Asitlik (Sitrik Asit Cin.) | pH            | HMF mg/kg     | Fruktoz % (m/m) | Glikoz % (m/m) | Sakkaroz % (m/m) | Toplam Şeker % (m/m) | TPC mg GA/100 g | TAC mg AA/100 g | TFLK mg QE/100 g | DPPH mg AA/100 g | ABTS mg AA/100 g | FRAP mg FeSO <sub>4</sub> /100 g |
|----------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|
| % Briks                          | <b>1</b>      |                              |               |               |                 |                |                  |                      |                 |                 |                  |                  |                  |                                  |
| % Asitlik (Sitrik Asit Cin.)     | 0.169         | <b>1</b>                     |               |               |                 |                |                  |                      |                 |                 |                  |                  |                  |                                  |
| pH                               | 0.129         | <b>-0.447</b>                | <b>1</b>      |               |                 |                |                  |                      |                 |                 |                  |                  |                  |                                  |
| HMF mg/kg                        | <b>0.388</b>  | 0.024                        | <b>-0.396</b> | <b>1</b>      |                 |                |                  |                      |                 |                 |                  |                  |                  |                                  |
| Fruktoz % (m/m)                  | <b>0.395</b>  | <b>0.462</b>                 | <b>-0.375</b> | <b>0.261</b>  | <b>1</b>        |                |                  |                      |                 |                 |                  |                  |                  |                                  |
| Glikoz% (m/m)                    | <b>0.548</b>  | 0.199                        | 0.206         | 0.082         | <b>0.474</b>    |                |                  |                      |                 |                 |                  |                  |                  |                                  |
| Sakkaroz% (m/m)                  | <b>0.422</b>  | -0.215                       | <b>0.417</b>  | -0.029        | <b>-0.253</b>   | <b>-0.242</b>  | <b>1</b>         |                      |                 |                 |                  |                  |                  |                                  |
| Toplam Şeker % (m/m)             | <b>0.713</b>  | <b>0.227</b>                 | 0.000         | 0.199         | <b>0.624</b>    | <b>0.259</b>   | <b>0.586</b>     | <b>1</b>             |                 |                 |                  |                  |                  |                                  |
| TPC mg GA/100 g                  | -0.028        | <b>0.660</b>                 | <b>-0.406</b> | -0.056        | <b>0.468</b>    | 0.068          | <b>-0.436</b>    | 0.012                | <b>1</b>        |                 |                  |                  |                  |                                  |
| TAC mg AA/100 g                  | 0.039         | <b>-0.315</b>                | <b>0.706</b>  | <b>-0.345</b> | <b>-0.293</b>   | <b>-0.304</b>  | <b>0.687</b>     | <b>0.243</b>         | <b>-0.290</b>   | <b>1</b>        |                  |                  |                  |                                  |
| TFLK mg QE/100 g                 | -0.017        | <b>0.605</b>                 | -0.185        | -0.152        | 0.106           | -0.039         | <b>-0.236</b>    | -0.116               | <b>0.818</b>    | -0.036          | <b>1</b>         |                  |                  |                                  |
| DPPH mg AA/100 g                 | <b>-0.306</b> | <b>0.399</b>                 | <b>-0.500</b> | -0.042        | <b>0.557</b>    | -0.001         | <b>-0.578</b>    | -0.054               | <b>0.765</b>    | <b>-0.363</b>   | <b>0.402</b>     | <b>1</b>         |                  |                                  |
| ABTS mg AA/100 g                 | <b>-0.775</b> | <b>-0.309</b>                | 0.107         | <b>-0.377</b> | <b>-0.371</b>   | <b>-0.435</b>  | <b>-0.242</b>    | <b>-0.569</b>        | -0.140          | 0.194           | -0.170           | 0.208            | <b>1</b>         |                                  |
| FRAP mg FeSO <sub>4</sub> /100 g | 0.163         | 0.136                        | <b>-0.238</b> | 0.086         | <b>0.255</b>    | 0.033          | -0.175           | 0.062                | <b>0.489</b>    | -0.214          | <b>0.398</b>     | <b>0.295</b>     | -0.207           | <b>1</b>                         |



Şekil 18. pH değerleri sütun grafiği

Bu katkı maddeleri içeceklerde, konserve yiyeceklerde, unlu mamullerde ve atıştırmalıklarda kullanılabilir. Meyve ve sebzeler olgunlaştıkça şeker içeriği artarken asitliği azalır. Şeker-asit oranındaki bu değişiklik, yiyeceğin tadını ve pH'ını etkiler. Örneğin olgunlaşmamış meyveler daha asidik olma eğilimindeyken olgun meyveler daha tatlı ve daha az asitlidir. Gıdada bulunan mikroorganizmalar, metabolik yan ürünler olarak asit üretebilir. Örneğin, bozulmaya neden olan bakteriler, gıdanın ayrışması sırasında asit üreterek asitliğin artmasına ve pH'ın düşmesine neden olabilir. Bazı pişirme yöntemleri yiyeceklerin pH'ını etkileyebilir. Örneğin sebzeleri suda kaynatmak, asitlerin bir kısmının pişirme sıvısına sızmasına neden olarak sebzelerin asitliğini azaltabilir. Genel olarak, gıdaların asitliği ve pH'ı, içsel faktörler (doğal bileşim) ve dışsal faktörlerin (işleme, katkı maddeleri ve mikrobiyal aktivite) birleşiminden etkilenir. Asitliğin anlaşılması ve kontrol edilmesi gıda güvenliği, korunması ve duyuşal özellikler açısından önemlidir ( Gundewadi vd., 2018).

Yukarıda Şekil 18 de verilen sumak ekşilerinin % asitlik değerleri %1.12-1.68 arasında görülmüştür. Piyasa örnekleri %1.21-60.74 arası bir asitlik değeri olduğu görülmüştür. Numunelerde en yüksek asitlik N23 numaralı sumak ekşisi örneğinde gözlenirken en düşük asitlik N15 numaralı sumak ekşisinde saptanmıştır. Yukarıda Şekil 18 de verildiği gibi sumak ekşisi numunelerin pH değerleri 1.52 ile 6.53 arasında tespit edilmiştir. pH değeri 16 numaralı sumak ekşisi N14 örneğinde en yüksek, en düşük değer ise N12 örnekte görülmektedir. Örneklerden % asitlik değerleri %1.21-60,73 arasında

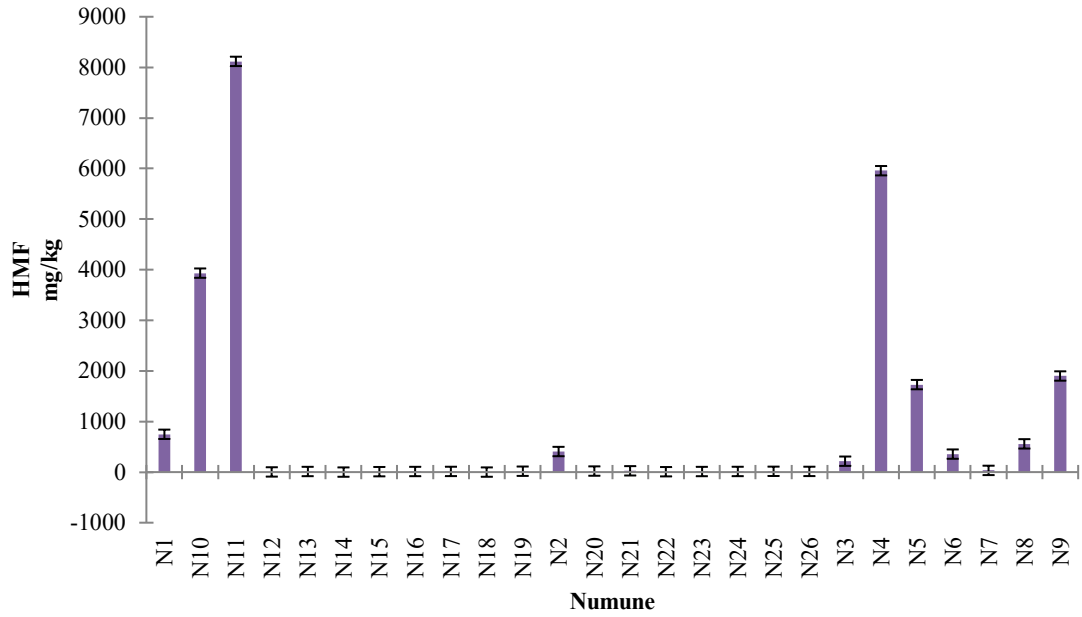
görülmüştür. Numunelerde en yüksek asitlik N12 piyasa örneğinde gözlenirken en düşük asitlik N2 piyasa örneği sumak ekşisinde saptanmıştır. Yukarıda Şekil 18 de verildiği gibi sumak ekşisi numunelerin pH değerleri 1.52 ile 3.40 arasında tespit edilmiştir. pH değeri N21 ürettiğimiz örnekte en yüksek, en düşük değer ise N12 piyasa örneğinde görülmektedir. pH değerlerinin diğer analizlerle korelasyon durumuna baktığımızda Briks analiz sonucu, HMF, fruktoz, glikoz, sakkaroz ve toplam şeker ile sırasıyla 0.388, 0.395, 0.548, 0.422 ve 0.713 pozitif yönde güçlü, DPPH ve ABTS ile sırasıyla -0.306, -0.775 güçlü negatif korelasyonlar göstermiştir. Diğer analizlerle korelasyonları pozitif ve negatif yönde zayıftır.

### 3.3. Sumak Ekşisi Örneklerinin HMF Değerleri

Maillard reaksiyonu, gıda yapılarındaki şekerler ve amino asitlerin ısı işlemler ve depolama sırasında reaksiyona girmesiyle oluşur. Gıdada istenilen tat, renk ve aromanın oluşması bu reaksiyondan etkilenir. Bu reaksiyon zararlı kimyasalların oluşmasına neden olabilir. HMF de bu maddelerden biridir. Karbonhidrat içeren gıdaların çoğunluğu, aşırı ısı uygulaması ve uygunsuz saklama koşulları nedeniyle HMF içermektedir. Gıda kalitesindeki düşüşün en önemli göstergesi HMF'dir. İşlenmiş meyveler, bal, süt ve kahve dahil çok sayıda gıda ürünü için kimyasal indeks olarak HMF kullanılır (Jaeger vd., 2010). Birçok gıda ürünüde aşırı ısı işlemin önlenmesi için HMF adı verilen bir kimyasalın miktarı düzenlenir. HMF, aşırı ısı işlem sonucu amino asitler ve indirgeyici şekerlerin birleşmesi sonucu oluşur. HMF, gıda ürünlerinin kalitesini bozan bir madde olduğundan nar ekşisi, reçel, bal ve marmelatların kalitesinin derecelendirilmesinde önemli bir kalite faktörü olarak kabul edilmektedir (Oğul vd., 2019). Sıcaklıktaki değişiklikler, reaksiyona giren kimyasalların yoğunluğu ve oranı, ortamın pH seviyesi, metallerin varlığı ve su aktivitesi dahil olmak üzere bir dizi değişken Maillard reaksiyonlarını etkileyebilir. Ayrıca pH, sıcaklık ve su aktivitesi özellikle toksik kimyasalların oluşumu söz konusu olduğunda faydalıdır. Sıcaklık ve depolama koşullarına bağlı olarak başlangıçta düşük olan HMF, genellikle glikoz ve fruktoz susuz kaldığında artar (Capuano ve Fogliano, 2011)

Yaptığımız HMF analizi yapılan Sumak ekşisi grafiği Şekil 19 da gösterilmiştir. HMF değerleri sütun grafiğine bakarak minumum ve maksimum değerleri 3.39-8117.65 mg/kg skalası arasında görülmüştür. İncelemelere göre en yüksek değer N11 piyasa örneğinde çıkarken, en düşük değer N12 piyasa örneğinde görülmüştür. N1, N10, N11, N2, N4, N5, N6, N8, N9 piyasa örnek konsantrasyonları diğer örneklerle göre yüksek oranda görülmüştür. HMF, fruktoz, briks ile sırasıyla 0.388, 0.261 pozitif yönde güçlü bir

korelasyon oluştururken, TAC, ABST, pH ile sırasıyla -0,345, -0.347, - 0.396 negatif yönde korelasyon oluşturduğunuz görmekteyiz. Literatürdeki HMF ve fruktoz korelasyon dair örnekleri analizimiz desteklemektedir (Yılmaz 1994).



şekil 19. HMF değerleri sütun grafiği

HMF oluşumunun en yaygın bir diğer nedeni yüksek sıcaklıkta ve asit ortamında heksoz ve pentoz şekerlerin (fruktoz, glikoz vb.) parçalanmasıdır. Karamelizasyon olarak adlandırılan bu mekanizma, pH değerinin 3'den küçük ve 9'dan büyük olduğu ortamlarda ve 120°C'den yüksek sıcaklıklarda hızlanmaktadır (Toker, 2012).

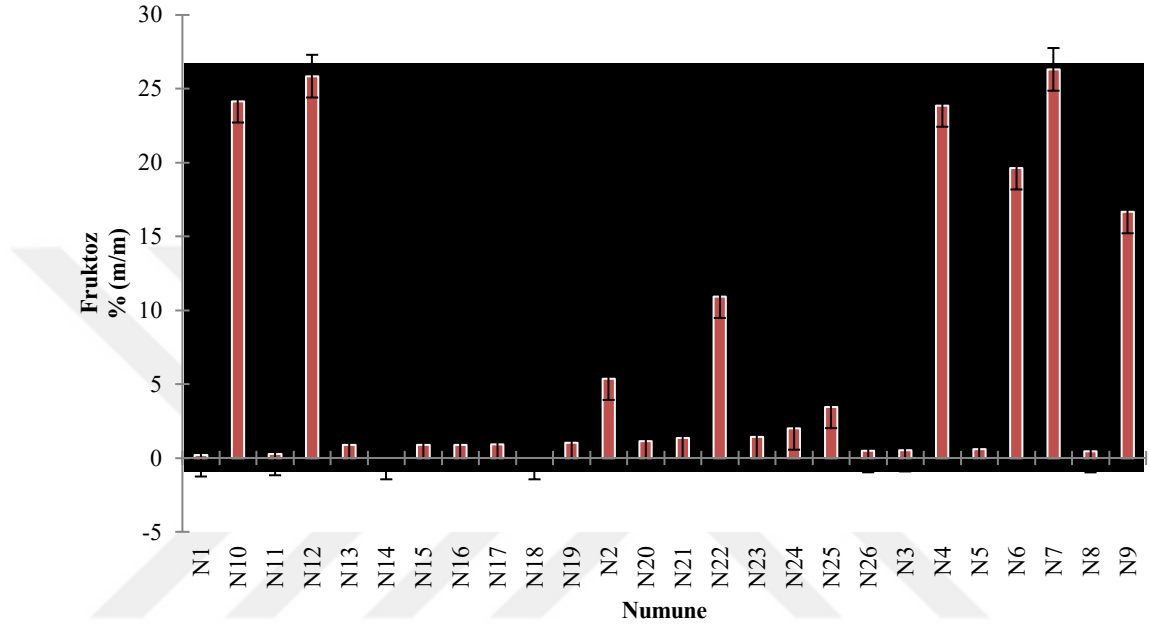
Lee ve Naggy'nin 50 °C'de ve 3.5 pH seviyesinde yaptıkları bir çalışmada, HMF oluşumunda fruktozun glikoza göre 31.2 kat, sakarozun ise glikoza göre 18.5 kat daha hızlı olduğu ifade edilmiştir (Lee ve Naggy, 1990).

Sumak ekşisi ile alakalı yasal bir limit bulunmamaktadır. HMF miktarı sıcaklıkla doğru orantılı artığını, ve depolama koşullarıyla ilişkili olduğunu bilmekteyiz, incelediğimiz örneklere ilişkin bu durumla paralel bir sonuç ortaya çıkarmıştır

### 3.4. Sumak Ekşisi Örneğlerinin Fruktoz Değerleri

Fruktoz, bir monosakarit veya basit bir şekerdir ve en yaygın olarak meyve ve balda bulunur. Kimyasal formülü  $C_6H_{12}O_6$ 'dır ve glikozla birlikte saflaştırılmış şekerlerin ana bileşenlerinden biridir. Fruktoz, tatlılık hissi veren bir tadı olan doğal bir şekerdir ve gıda endüstrisinde tatlandırıcı olarak kullanılır. Fruktoz, tatlılığı glikozdan daha yüksektir ve bu nedenle tatlandırıcı olarak yaygın olarak kullanılır (Urminská vd., 2022). Yüksek

fruktozlu mısır şurubu gibi endüstriyel tatlandırıcılarda da bulunabilir. Fruktoz, enerji sağlayan bir karbonhidrattır. Fakat, aşırı tüketimi metabolik sorunlara neden olabilir. Özellikle yüksek miktarda fruktoz içeren içeceklerin aşırı tüketimi, obezite ve diyabet riskini artırabilir (Gaby, 2005). Fruktoz, gıda endüstrisinde şeker olarak kullanıldığı gibi, çeşitli gıda ürünlerinde bulunabilir. Özellikle meyve suları, şekerleme ve tatlılar gibi ürünlerde bulunur.



Şekil 20. Fruktoz değerleri sütun grafiği

Fruktozun birçok endüstriyel kullanımı vardır. Örneğin, biyokimya ve biyoteknoloji alanlarında, fermantasyon süreçlerinde kullanılır. Fruktoz, enerji sağlayan bir karbonhidrat olmasına rağmen, aşırı tüketiminde bazı sağlık riskleri bulunabilir. Dengeli bir şekilde tüketilmesi önemlidir.

İncelenen sumak ekşisi için fruktoz analiz sonuçları Şekil20. de görüldüğü gibidir. Fruktoz değerinin sütun grafiğine göre %0.19.00-% 26.31 değerleri arasındadır. En yüksek değer N7 piyasa örneği olurken, en düşük değer N1 piyasa örneğinde saptanmıştır. Analizi yapılan piyasa örneklerden N10, N12, N4, N6, N7 ve N9 piyasa örneklerinde fruktoz değeri %5.0 den yüksek çıkmıştır. Yaptığımız fruktoz değerlerine bakacak olursak numuneler arasında farklılıklar görülmüştür. Sumak ekşisinde kırıma indeksini etkileyen yüksek düzeyde şeker dışı bileşiklerden (şekerler, alkoller, polifenoller, asitler, mineraller vb.) kaynaklanabilir.

Çalışmamızda numunelerin şeker analizleri ile diğer analizleri arasındaki korelasyona bakacak olursak (Tablo 8.) sumak ekşisi örneklerinin fruktoz değeri glikoz, toplam şeker, TPC, FRAP, DPPH, briks, asitlik, HMF ile sırasıyla 0.474, 0.624, 0.468, 0.255, 0.557, 0.395, 0.462, 0.261 pozitif güçlü korelasyon oluşturduğu tespit edilirken sakaroz, TAC, ABTS, pH ile sırasıyla -0.253, -0.293, -0.371, -0.375 negatif korelasyon tespit edilmiştir. Numuneler arası farklılıklara sumak meyvesini, türü çeşidi, saklama koşulları işlenme sıcaklıkları gibi faktörler sebep olabilir.

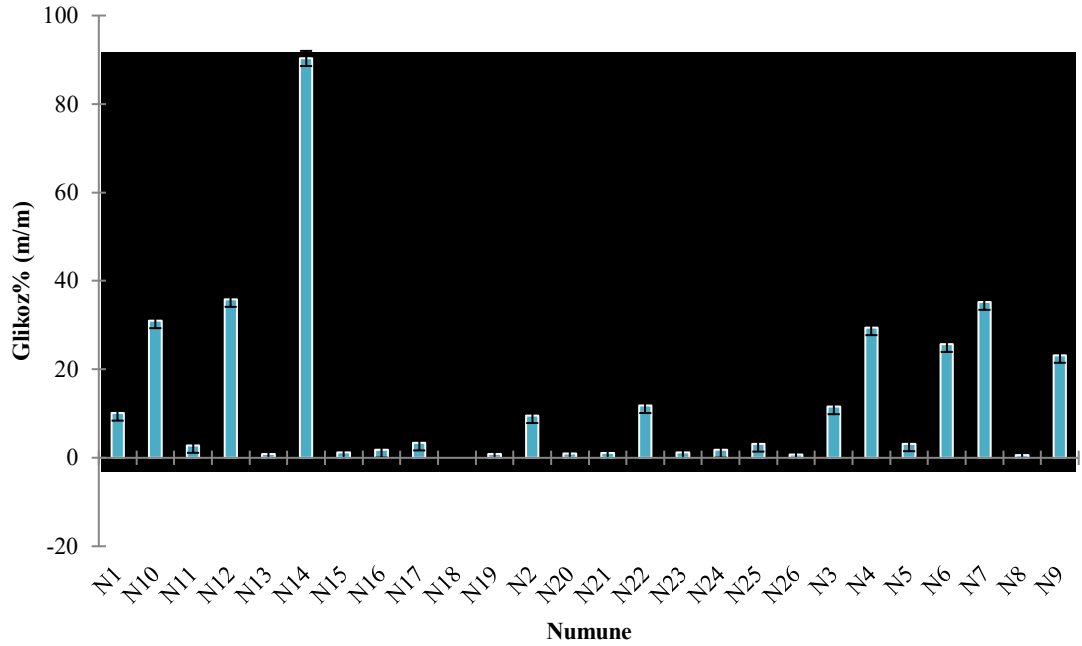
### 3.5. Sumak Ekşisi Örneklerinin Glikoz Değerleri

Bebek ve çocuk beslenmesinde sakaroz yani çay şekerinin kullanılması önerilmez. Bunun yerine bebek ve çocuklarda şeker yerine kullanılabilen, çoğunlukla karbonhidrat içeren basit şekerlerden oluşan şekere sağlıklı ve besleyici bir alternatiftir. Ayrıca glikoz, bebeklik döneminde beynin en hızlı büyüyen ve dolayısıyla en yoğun enerji harcayan kısmı olan beyin için tek enerji kaynağıdır ve ihtiyaca cevap verebilecek önemli bir besin kaynağıdır (Zhang vd., 2021)

İncelenen sumak ekşisi örneklerinin sütun grafiği Şekil 21 de verilmiştir. Glikoz değerlerine bakıldığında; sumak ekşisi minimum ve maksimum değerleri %0.57 m/m-%90.3 skalası arasında incelenmiştir. Burada en yüksek değer N14 örneği olurken, en düşük N8 örneği olmuştur. Sütun grafiğine bakılacak olursa piyasa örneklerinin genelinde glikoz değeri %2 m/m nin üstünde çıktığını görmekteyiz hazırladığımız örnekler için konuşursak piyasa örneklerinde daha düşük değerde çıktığını söyleyebiliriz. Burada en yüksek değer N7 piyasa örneği olurken, en düşük N8 piyasa örneği olmuştur. Sütun grafiğine bakılacak olursa piyasa örneklerinin genelinde glikoz değeri %2.0 nin üstünde çıktığını görmekteyiz. Sumak örneklerimizde Glikoz değerleri arasında farklılıklar görmekteyiz. Çalışmamızda numunelerin şeker analizleri ile diğer analizleri arasındaki korelasyona bakacak olursak (Tablo 8.) sumak ekşisi örneklerinin Glikoz değeri, toplam şeker, briks, fruktoz ile 0.259, 0.548, 0.424 pozitif güçlü korelasyon oluşturduğu tespit edilirken, sakaroz TAC, ABTS ile sarasıyla 0.242, 0.304, 0.435 negatif korelasyon tespit edilmiştir.

Tosun ve Keleş, 2012'de yaptıkları çalışmada, üç farklı saf dut pekmezine %0, %10, %30 ve %50 oranlarında sakaroz şurubu, glukoz şurubu ve yüksek fruktozlu mısır şurubu ekleyerek hazırlanan örneklerin taşımasını belirlemek için °Briks, invert şeker, toplam şeker, kül, pH, HMF, özgül ağırlık, iletkenlik ve viskozite analizlerini gerçekleştirdiler. Sakaroz şurubu eklenen örneklerde, şurup oranı arttıkça rutubet ve sakaroz miktarları artmış, buna karşılık °Briks, invert şeker, toplam şeker, kül, pH, HMF, özgül ağırlık,

iletkenlik ve viskozite değerleri azalmıştır. Glukoz şurubu eklenen örneklerde, şurup miktarı arttıkça °Briks, HMF ve viskozite değerleri artarken, nem, invert şeker, sakaroz, toplam şeker, kül, pH, özgül ağırlık ve iletkenlik değerleri azalmıştır.



Şekil 21. Glukoz değerleri sütun grafiği

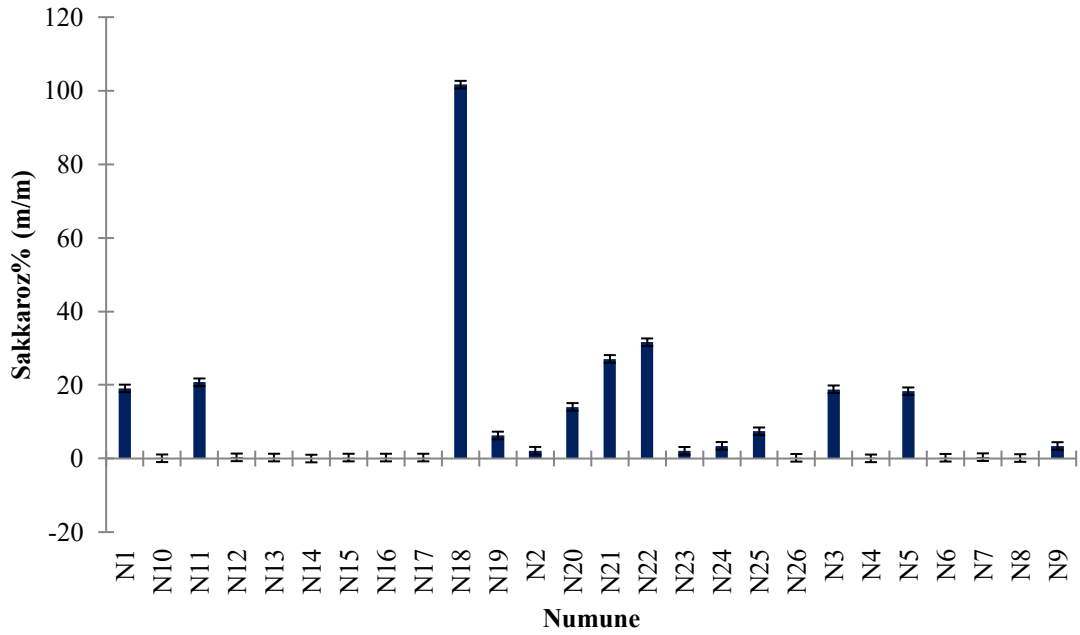
Yüksek fruktozlu mısır şurubu içeren örneklerde, şurup miktarının artmasıyla nem, invert şeker ve HMF değerleri artarken, °Briks, sakaroz, kül, pH, özgül ağırlık, iletkenlik ve viskozite değerleri azalmıştır. Ayrıca, şurup katkısıyla yapılan hilelerin tespitinde kül ve elektrik iletkenliği testlerinin önemi vurgulanmış, dut pekmezinin analitik değerlerindeki bu değişikliklerin şeker şurubu katkısıyla yapılan tağşişin işaretleri olabileceği ifade edilmiştir. Yaptığımız çalışmada Sumak ekşisinde glukoz tespiti ile alakalı fazla çalışma olmamasından dolayı sonraki çalışmalar için yardımcı olacaktır

### 3.6. Sumak Ekşisi Örneklerinin Sakkaroz Değerleri

Gıdalardaki sakkaroz (sükroz) değeri, genellikle besin etiketlerinde belirtilir. Sakkaroz, gıdalardaki doğal şekerlerden biridir ve bazı gıdalarda ilave olarak bulunabilir. Sakkaroz, glukoz ve fruktozun birleşiminden oluşur. Gıdalardaki sakkaroz miktarı, ürünün içeriğine ve işlenme şekline bağlı olarak değişir. Bir gıdanın sakkaroz içeriği, genellikle gram veya miligram cinsinden ifade edilir. Besin etiketlerinde sakkaroz içeriği, ürünün besin değerleri bölümünde bulunabilir. Özellikle şekerli gıdalarda, sakkaroz

miktarı önemli bir bileşen olabilir ve tükettiğiniz şeker miktarını kontrol etmek için etiketleri okumak önemlidir. Eğer bir ürünün sakkaroz içeriği, Türk Gıda Kodeksi, Türk Standartları veya literatürde belirtilen değerlerin üzerindeyse veya sakkaroz içermemesine rağmen  $\delta^{13}C$  değeri  $-23,50$ 'den yüksekse, bu durum ürünün C4 bitkilerinden elde edilen şeker şuruplarından biriyle karıştırıldığını gösterir. Şeker pancarından elde edilen karışımlar için, çok düşük elektrik iletkenliği değerlerinde net bir sonuca varılabilir; ancak, hafif düşüşler için ek testler yapılmalıdır (Chartrand. ve Mester, 2019).

İncelenen sumak ekşisi örneklerin Şekil 19 gösterildiği gibi analizi yapılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda minimum ve maksimum değerler %0.05 ile %101.64 arasında tespit edilmiştir. En yüksek değerlere sahip olan örnekler N3, N21, N23 olarak saptanırken, en düşük değerler N4, N10, N14 arasında bulunmuştur.



Şekil 22. Sakkaroz değerleri sütun grafiği

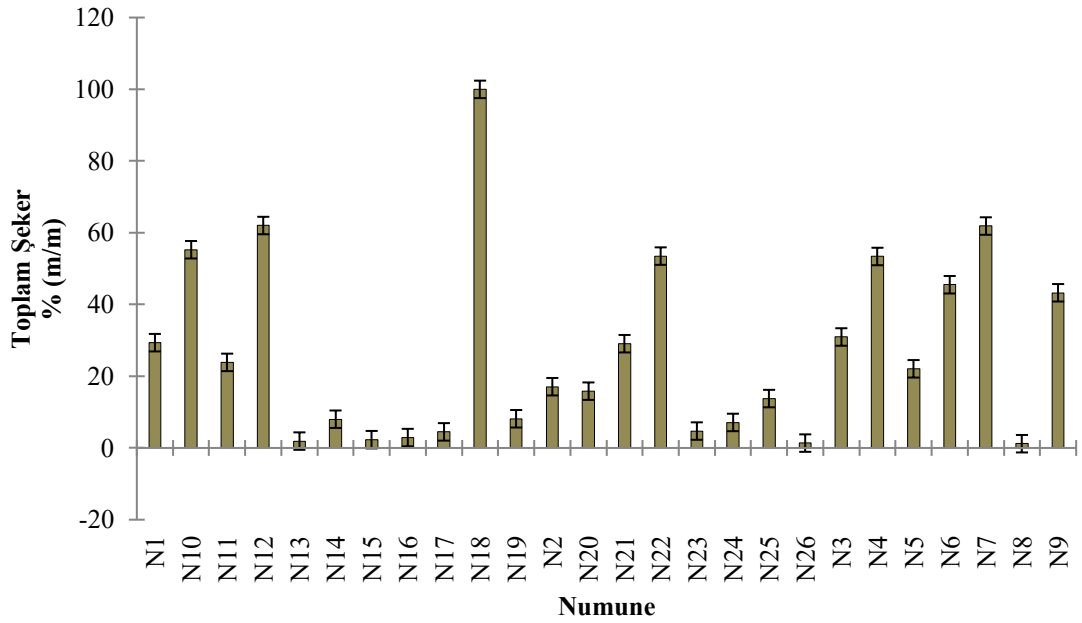
Meyvelerin çok büyük bir çoğunluğu gibi şeker pancarı da botanik köken olarak C3 bitki sınıfına (Calvin-Benson Metabolizmasını kullanan) girmekte, bu nedenle şeker pancarından elde edilmiş sakkaroz veya şurubunun ilavesi, saf pekmezin  $\delta^{13}C$  değerinde IRMS analizi ile tespit edilebilecek bir farklılık yaratmamaktadır. Normal şartlarda bu tip taşıyıcılar kromatografik şeker bileşimi analizi ile tespit edilebilmekte, ancak pancar şekeri şıraya ilave edilmeden veya ilave edildikten sonra inversiyona uğratarak fruktoz ve glikoz bileşenlerine parçalanırsa ve fruktoz/glikoz oranı yasal limitlerde istenen 0.9-1.1

aralığına ayarlanırsa bu tağışı kromatografik olarak da tespit etmek mümkün olmaktadır (Yılmaz, 2012)

Yapılan analizlerde sumak ekşisi örneklerin Şekil 22 gösterildiği gibi analizi yapılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda minumum ve maksimum değerler %0.05 ile %100.00 arasında tespit edilmiştir. En yüksek değerlere sahip olan örnekler N3 piyasa örneği ve N21, N23 ürettiğimiz olarak saptanırken, en düşük değerler N4, N10 piyasa örneğinde bulunmuştur. Çalışmamızda numunelerin şeker analizleri ile diğer analizleri arasındaki korelasyona bakacak olursak (Tablo 8.) sumak ekşisi örneklerinin sakkaroz değeri, toplam şeker, TAC, briks, pH, ile sırasıyla 0.586, 0.687, 0.422, 0.417 pozitif güçlü korelasyon oluşturduğu tespit edilirken, TFLK TPC, ABTS, DPPH, fruktoz, glikoz ile sırasıyla 0.236, 0.436, 0.242, 0.578, 0.253, 0.242 negatif korelasyon tespit edilmiştir. Çalışmalar sırasında yüksek çıkan sakkaroz oranı meyvenin kendi oranından yüksek olabileceğini kanaatindeyiz. Sumak ekşisinde sakkaroz oranıyla alakalı fazla kaynak olmamasından bu çalışmamız diğer çalışmalara ışık tutacaktır.

### **3.7. Sumak Ekşisi Örneklerinin Toplam Şeker Değerleri**

İncelenen sumak ekşisi örnekleri için toplam şeker grafiği Şekil 23 de gösterildiği gibidir. Analizi yapılan örneklerin minumum ve maksimum değerleri %1.36 - %99.97 arasında saptanmıştır. N12 piyasa örneğinde sakkaroz oranı en yüksek çıkarken, en düşük oran N8 piyasa örneğinde görülmüştür. Tablo 8 de çalışmamızda numunelerin şeker analizleri ile diğer analizleri arasındaki korelasyona bakacak olursak sumak ekşisi örneklerinin toplam şeker değeri TAC, briks, asitlik, fruktoz glikoz, sakkaroz ile sırasıyla 0.243, 0.713, 0.227, 0.624, 0.259, 0.586 pozitif yönde güçlü korelasyon oluştururken, ABTS değeri 0.569 ile negatif yönde korelasyon oluşmuştur. Briks ile toplam şeker pozitif güçlü bir korelasyon oluşturduğunu görmekteyiz. % briks değerleri ile % toplam şeker değerlerinin bazı örneklerde paralel olup bazı örneklerde de farklı çıkmasının nedeni örneklerin kaynağı olan meyvenin bozulma oranını etkileyen şeker dışı bileşiklerin (şekerler, alkoller, polifenoller, asitler ve mineraller gibi) yüksek düzeyde olması olabilir. Uygun olmayan depolama koşulları, erken hasat zamanı bu durumu etkileyen sebeplerden bazılarıdır. Çalışmamızda da farklılıklar çıkmasının sebebi bunlardır.



Şekil 23. Toplam Şeker değerleri sütun grafiği

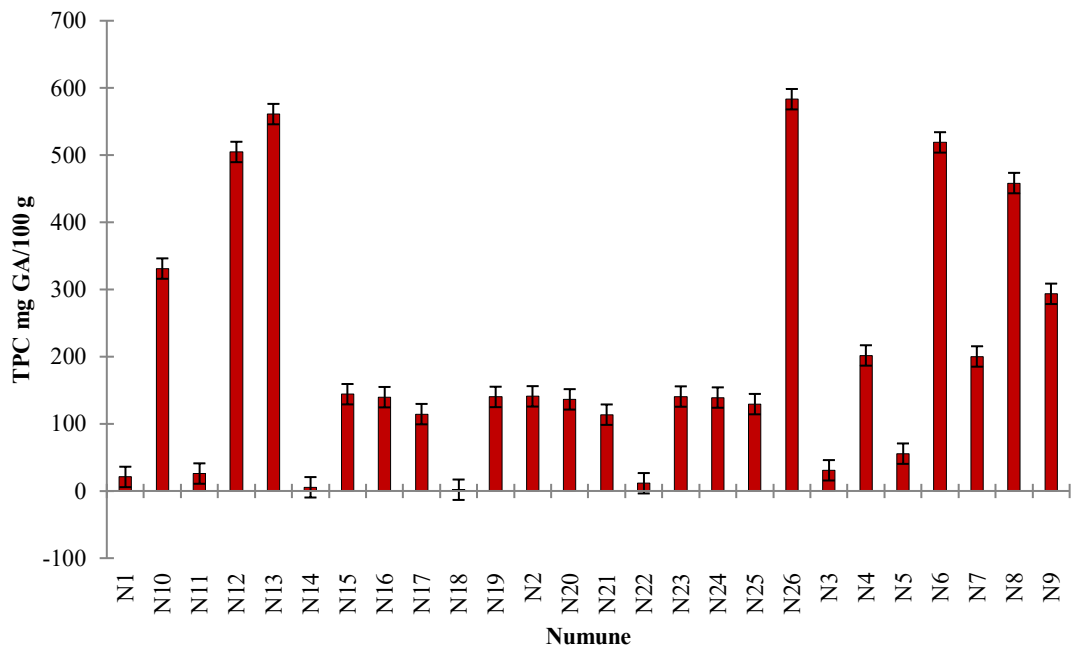
### 3.8. Sumak Ekşisi Örneklerinin Antioksidan ve Biyoaktif Bileşenlere Ait Bulgular

#### 3.8.1. Toplam Fenolik Kapasite (TFK) Analiz Sonuçları

Fenolik bileşikler son derece yüksek antioksidan ve anti-radikal özelliklere sahip bileşiklerdir. Fenolik antioksidanlar lipid oksidasyonunu hızlı bir şekilde inhibe ederek lipid radikallerine H- verir. İşlevi ROO'yu parçalamaktır. ve RO. radikalleri yok eder ve böylece lipid peroksidasyonu (LPO) zincir reaksiyonunu sonlandırır. Ayrıca bakır ve demir iyonlarıyla da kompleksleşebilirler. Bu durum antioksidan etkilerle bağlantılı olabilir. Toplam fenolik kapasite, bir maddenin fenolik bileşiklerce oluşturulan antioksidan kapasitesini ifade eder (Shahidi, vd., 1992). Bu kapasite, bir maddenin antioksidan potansiyelini ölçmek için kullanılır ve genellikle gıda, bitki özleri veya doğal bileşiklerde bulunur. Fenolik bileşikler, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek oksidatif stresi azaltabilirler, böylece hücresel hasarı önleyebilirler. Bu nedenle, yüksek bir toplam fenolik kapasiteye sahip olan maddeler genellikle antioksidan aktiviteye sahip olarak kabul edilirler. Yüksek bir fenolik kapasiteye sahip olan maddeler, genellikle sağlık açısından faydalı olarak kabul edilirler, çünkü vücuda antioksidan koruma sağlarlar. Bu nedenle, çeşitli bitkisel gıdalarda fenolik kapasiteye odaklanan araştırmalar yapılmaktadır, çünkü bunlar sağlık yararları açısından önemli olabilirler (Akbari vd., 2022).

Sumak örneklerinin TFC madde içeriğinin minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 1.86-583.21 mg QEE/kg olarak belirlendi. En yüksek değer N26 örneğinde görülürken en düşük değer N18 örneğinde görülmüştür.

Koşar ve ark. (2007) farklı baharatlarla yaptıkları çalışmalarına göre sumakta bulunan toplam fenolik asit miktarının %90'ını gallik asit oluşturmaktadır. Buna göre karışımda belirlenen yüksek düzeydeki fenolik bileşiğin diğer baharatlara da antioksidan aktivite sağlaması gerekmektedir. Ancak antioksidan aktiviteye neden olan bileşikler tanımlayıp fraksiyonlara ayırmanın ve ardından antioksidan aktivitelerini araştırmanın daha gerçekçi olduğu sonucuna vardılar.



Şekil 24. Toplam TFK sütun grafiği

Sumak örneklerinin TFC madde içeriğinin minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 1.86-583.21 mg QEE/kg olarak belirlendi. En yüksek değer N26 kontrol örneğinde görülürken en düşük değer N18 ürettiğimiz örneğinde görülmüştür. Tablo 8de Fiziksel, kimyasal ve antioksidan analiz sonuçlarına ait korelasyonlar sonuçlarına baktığımızda TFLK, DPPH, FRAP, asitlik, fruktoz ile sırasıyla 0.818, 0.765, 0.489, 0.660, 0.468 pozitif güçlü korelasyon oluştururken TAC, sakkaroz ile sırasıyla, -0.290, -0.436 negatif yönde korelasyon oluşmuştur. Genel olarak baktığımızda sonuçlar yüzde olarak yüksek çıkmıştır. Örnekler arası istatistiksel farklılıklar bulunmaktadır. Aynı coğrafya üzerinden alınan örnekler benzer literatür çalışmalarında bizim sonuç skalasında

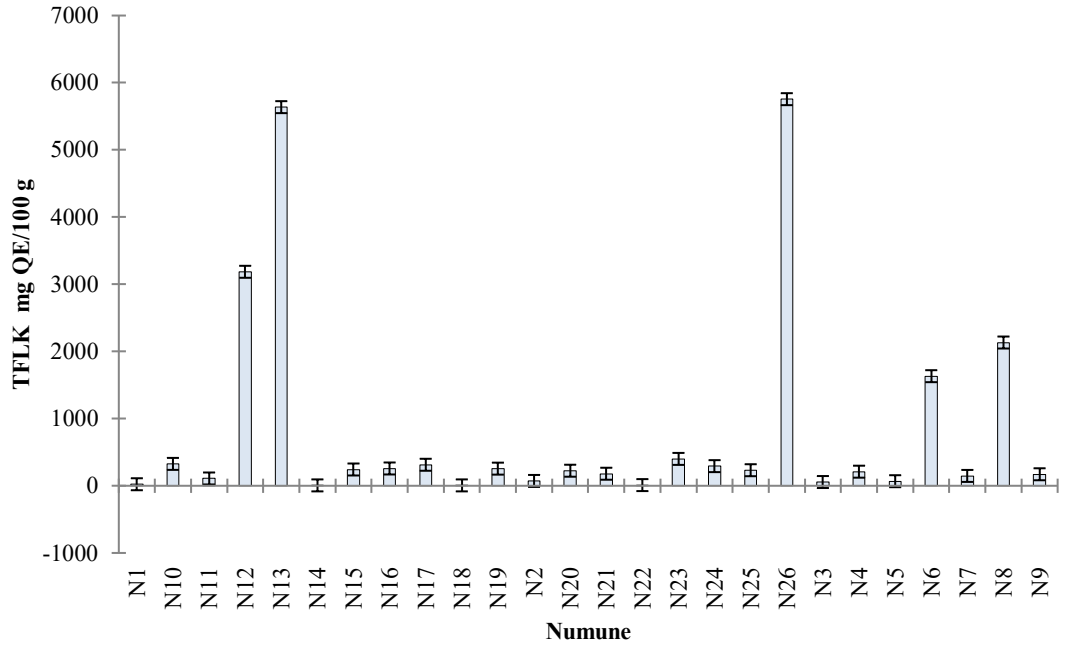
sonuçlar bulunmuştur. Bizim sonuç ve bulgularımızda bu sonuçları desteklemiş olduğunu görmekteyiz (Yegin, 2017).

### **3.10.2. Toplam Flavonoid Kapasite (TFLK) Analiz Sonuçları**

Toplam flavonoid kapasitesi (TFLK), bitkilerde bulunan bir antioksidan ölçüsüdür. Flavonoidler, bitkilerin sağlığı korumak için ürettikleri bileşiklerdir ve antioksidan özelliklere sahiptirler. TFLK genellikle bitkisel bazlı gıdaların sağlık yararlarını değerlendirmek için kullanılır. Bu kapasite, bir gıdanın veya bitkinin antioksidan içeriğini belirlemeye yardımcı olabilir. Ancak, tam olarak hangi bitkilerin hangi flavonoidlerle yüksek TFLK 'ye sahip olduğu değişebilir (Apak vd., 2007). Toplam flavonoid madde içeriği analizinde flavonoid madde miktarı kateşin eşdeğeri olarak verilmektedir (Şekil 22). Her numune için üç paralel tekrar yapıldı ve sonuçların ortalaması alındı. Toplam flavonoid madde tayini kateşin kalibrasyon denklemi kullanılarak hesaplandı. Toplam flavonoid madde içeriği değerlerinin kutu grafiği Şekil 25 de verilmiştir. Sumak örneklerinin TFLK madde içeriğinin minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 22.7-5755.30 mg QEE/kg olarak belirlendi. En yüksek değer N26 kontrol örneğinde görülürken en düşük değer N1 piyasa örneğinde görülmüştür. Örnekler arasında farklılıklar gözükmemektedir. TFLK, DPPH, TPC, asitlik ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon oluştururken, FRAB ve sakkaroz ile negatif yönde korelasyon oluşturduğunuz görmekteyiz.

Kastamonu bölgesinde Elma Ekşisiyle alakalı yapılan çalışmada en yüksek toplam flavonoid madde içeriği 5.04 mg QE/g ile Taşköprü ilçesinden alınan numuneye ait iken, en düşük toplam flavonoid madde içeriği 2.38 mg QE/g ve ortalama toplam flavonoid madde içeriği 3.64 mg QE/g ile yine İhsangazi ilçesine bağlı Küçüksu köyünden alınan numuneye ait olarak bulunmuştur. Literatürdeki bu sonuçlar bizim sonuçlara yakındır (İçli, 2017).

Koşar ve ark. (2007) çalışmalarında sumak ekşisi toplam flavonoid içeriğinin diğer analiz değerleriyle korelasyonuna bakacağız; TFC analiz değerlerinin TPC, ABTS, DPPH, FRAP, TAC, fruktoz, glikoz, % asitlik ve pH ile güçlü pozitif korelasyonlara sahip olduğu bulunmuştur. L renk değeri ve sakkaroz değeri ile güçlü negatif korelasyona sahip olduğu bulunmuştur.



Şekil 25. Toplam TFLK sütun grafiği

Faten ve arkadaşları (2013) yaptıkları başka bir çalışmada, Mısır'da et marinasyonunda kullanılan kekik ve sumak baharatlarının antioksidan içeriklerini, radikal temizleme aktivitelerini ve antimikrobiyal aktivitelerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, kekik baharatının sumaktan biraz daha yüksek toplam fenolik içeriğe sahip olduğu ancak sumakta bulunan toplam flavonoid içeriğinin kekikten neredeyse iki kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Radikal temizleme aktivitesi konsantrasyon artışına bağlı olarak yükselmiş ve kekikte sumaktan daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

### 3.10.3. Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) Analiz Sonuçları

Gıdalardaki toplam antioksidan kapasitesi, gıdanın içerdiği antioksidan bileşiklerin toplamını ifade eder. Bu, gıdanın oksidatif stresle savaşıma ve hücre hasarı önleme yeteneğini gösterir. Antioksidanlar, serbest radikallerin zararlı etkilerini nötralize ederek vücudu koruyabilir ve birçok sağlık yararı sağlayabilir.

Gıdalardaki toplam antioksidan kapasitesi, çeşitli yöntemlerle ölçülebilir. Bir gıdanın antioksidan kapasitesi, içerdiği antioksidanların türüne, miktarına ve biyoyararlılığına bağlı olarak değişir. Örneğin, meyve, sebze, kuruyemişler, çay ve bazı baharatlar yüksek antioksidan kapasitesine sahip olabilir (Pellegrini vd., 2006)

Tablo 9. Örneklerle ait TFK, TFLK, TAK ve antioksidan analiz sonuçları

| Numune | TPC<br>mg GA/100 g             | TAC<br>mg AA/100 g             | TFLK<br>mg<br>QE/100 g            | DPPH<br>mg<br>AA/100 g        | ABTS<br>mg<br>AA/100 g       | FRAP<br>mg<br>FeSO <sub>4</sub> /100 g |
|--------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| N1     | 21.02 <sup>abc</sup><br>±1.32  | 22.86 <sup>a</sup><br>±0.17    | 22.67 <sup>a</sup><br>±1.39       | 2.01 <sup>a</sup><br>±0.72    | 8.68 <sup>b</sup><br>±0.29   | 45.53 <sup>a</sup><br>±15.89           |
| N2     | 140.86 <sup>f</sup><br>±15.67  | 21.23 <sup>a</sup><br>±0.01    | 71.96 <sup>abc</sup><br>±10.54    | 150.81 <sup>ef</sup><br>±0.22 | 19.44 <sup>d</sup><br>±0.16  | 309.52 <sup>ab</sup><br>±3.35          |
| N3     | 30.80 <sup>c</sup><br>±0.36    | 21.75 <sup>a</sup><br>±0.01    | 55.85 <sup>ab</sup><br>±9.30      | 1.69 <sup>a</sup><br>±0.39    | 2.17 <sup>a</sup><br>±0.59   | 60.95 <sup>a</sup><br>±8.10            |
| N4     | 201.75 <sup>g</sup><br>±8.01   | 24.08 <sup>a</sup><br>±0.08    | 209.93 <sup>cdefg</sup><br>±20.75 | 163.12 <sup>g</sup><br>±1.59  | 20.95 <sup>g</sup><br>±0.09  | 82.95 <sup>a</sup><br>±1.33            |
| N5     | 55.56 <sup>d</sup><br>±1.00    | 22.88 <sup>a</sup><br>±0.01    | 67.92 <sup>abc</sup><br>±6.12     | 47.78 <sup>b</sup><br>±11.07  | 19.25 <sup>d</sup><br>±0.33  | 2688.91 <sup>d</sup><br>±197.96        |
| N6     | 518.89 <sup>k</sup><br>±7.05   | 26.64 <sup>a</sup><br>±0.18    | 1631.66 <sup>i</sup><br>±35.92    | 166.96 <sup>g</sup><br>±2.13  | 21.66 <sup>d</sup><br>±0.35  | 2287.08 <sup>cd</sup><br>±163.78       |
| N7     | 200.21 <sup>cd</sup><br>±32.00 | 24.28 <sup>a</sup><br>±0.09    | 146.64 <sup>abcde</sup><br>±26.40 | 152.65 <sup>ef</sup><br>±7.84 | 20.32 <sup>d</sup><br>±0.64  | 308.84 <sup>ab</sup><br>±32.72         |
| N8     | 458.35 <sup>j</sup><br>±12.47  | 21.30 <sup>a</sup><br>±0.02    | 2132.69 <sup>j</sup><br>±269.44   | 150.10 <sup>ef</sup><br>±1.13 | 19.10 <sup>d</sup><br>±0.38  | 144.11 <sup>ab</sup><br>±39.23         |
| N9     | 293.47 <sup>h</sup><br>±19.29  | 22.84 <sup>a</sup><br>±0.02    | 171.16 <sup>bcd</sup><br>±12.61   | 154.93 <sup>f</sup><br>±0.66  | 20.17 <sup>d</sup><br>±0.16  | 321.78 <sup>ab</sup><br>±0.17          |
| N10    | 331.08 <sup>i</sup><br>±33.48  | 21.79 <sup>a</sup><br>±0.05    | 325.83 <sup>gh</sup><br>±14.47    | 149.49 <sup>e</sup><br>±0.76  | 19.43 <sup>d</sup><br>±0.14  | 2358.22 <sup>cd</sup><br>±37.61        |
| N11    | 25.93 <sup>bc</sup><br>±1.85   | 23.09 <sup>a</sup><br>±0.01    | 108.52 <sup>abcd</sup><br>±19.81  | 2.07 <sup>a</sup><br>±0.85    | 2.03 <sup>a</sup><br>±0.79   | 84.20 <sup>a</sup><br>±9.10            |
| N12    | 504.67 <sup>k</sup><br>±29.67  | 22.91 <sup>a</sup><br>±0.04    | 3185.32 <sup>k</sup><br>±61.64    | 162.89 <sup>g</sup><br>±0.98  | 21.39 <sup>d</sup><br>±0.07  | 696.46 <sup>b</sup><br>±119.49         |
| N13    | 561.04 <sup>l</sup><br>±2.86   | 209.07 <sup>fg</sup><br>±3.64  | 5636.67 <sup>l</sup><br>±25.00    | 102.86 <sup>c</sup><br>±1.52  | 11.43 <sup>f</sup><br>±0.09  | 2077.67 <sup>c</sup><br>±0.24          |
| N14    | 5.48 <sup>ab</sup><br>±0.86    | 83.50 <sup>b</sup><br>±0.36    | 5.67 <sup>a</sup><br>±0.34        | 1.67 <sup>a</sup><br>±0.46    | 13.20 <sup>c</sup><br>±9.11  | 14.57 <sup>a</sup><br>±0.99            |
| N15    | 144.06 <sup>f</sup><br>±1.61   | 143.57 <sup>d</sup><br>±3.43   | 242.50 <sup>defg</sup><br>±2.50   | 103.58 <sup>c</sup><br>±0.79  | 113.64 <sup>f</sup><br>±0.09 | 268.38 <sup>ab</sup><br>±10.00         |
| N16    | 139.64 <sup>f</sup><br>±6.89   | 98.07 <sup>bc</sup><br>±4.50   | 257.50 <sup>efg</sup><br>±4.17    | 105.36 <sup>c</sup><br>±0.47  | 107.66 <sup>c</sup><br>±0.89 | 266.95 <sup>ab</sup><br>±0.00          |
| N17    | 114.41 <sup>c</sup><br>±5.42   | 109.93 <sup>c</sup><br>±0.93   | 312.50 <sup>fgh</sup><br>±19.17   | 105.22 <sup>c</sup><br>±0.33  | 115.52 <sup>f</sup><br>±0.00 | 275.64 <sup>ab</sup><br>±5.12          |
| N18    | 1.86 <sup>a</sup><br>±1.04     | 527.64 <sup>i</sup><br>±10.79  | 5.92 <sup>a</sup><br>±0.25        | 2.99 <sup>a</sup><br>±1.52    | 5.43 <sup>ab</sup><br>±1.16  | 17.59 <sup>a</sup><br>±1.03            |
| N19    | 139.99 <sup>f</sup><br>±4.84   | 162.14 <sup>de</sup><br>±12.00 | 255.00 <sup>defg</sup><br>±28.33  | 103.78 <sup>c</sup><br>±1.65  | 114.45 <sup>f</sup><br>±0.36 | 265.76 <sup>ab</sup><br>±3.34          |
| N20    | 136.38 <sup>ef</sup><br>±4.42  | 199.14 <sup>f</sup><br>±4.15   | 224.17 <sup>defg</sup><br>±0.84   | 103.51 <sup>c</sup><br>±0.20  | 113.46 <sup>f</sup><br>±1.17 | 271.12 <sup>ab</sup><br>±2.98          |
| N21    | 113.59 <sup>e</sup><br>±1.52   | 321.14 <sup>h</sup><br>±3.43   | 179.17 <sup>bcd</sup><br>±7.50    | 103.91 <sup>c</sup><br>±0.20  | 115.34 <sup>f</sup><br>±0.18 | 273.62 <sup>ab</sup><br>±0.48          |

Tablo 9. (Devamı)

|     |                               |                               |                                  |                              |                              |                                  |
|-----|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| N22 | 11.51 <sup>abc</sup><br>±0.75 | 510.00 <sup>i</sup><br>±67.86 | 10.00 <sup>a</sup><br>±1.67      | 2.99 <sup>a</sup><br>±0.60   | 7.66 <sup>b</sup><br>±4.11   | 17.98 <sup>a</sup><br>±1.35      |
| N23 | 140.57 <sup>f</sup><br>±7.78  | 156.52 <sup>de</sup><br>±4.95 | 400.00 <sup>h</sup><br>±25.00    | 102.00 <sup>e</sup><br>±0.53 | 115.43 <sup>f</sup><br>±0.09 | 264.69 <sup>ab</sup><br>±0.83    |
| N24 | 139.06 <sup>f</sup><br>±3.68  | 171.36 <sup>e</sup><br>±3.36  | 292.50 <sup>efgh</sup><br>±10.83 | 102.07 <sup>e</sup><br>±0.46 | 115.25 <sup>f</sup><br>±0.09 | 271.60 <sup>ab</sup><br>±2.27    |
| N25 | 129.29 <sup>ef</sup><br>±4.54 | 225.00 <sup>g</sup><br>±7.14  | 231.67 <sup>defg</sup><br>±21.67 | 102.53 <sup>e</sup><br>±0.27 | 115.34 <sup>f</sup><br>±0.00 | 277.31 <sup>ab</sup><br>±1.07    |
| N26 | 583.21 <sup>m</sup><br>±18.10 | 231.44 <sup>g</sup><br>±5.85  | 5755.30 <sup>l</sup><br>±91.65   | 140.42 <sup>d</sup><br>±0.40 | 22.07 <sup>d</sup><br>±0.06  | 2059.25 <sup>c</sup><br>±1543.43 |

Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

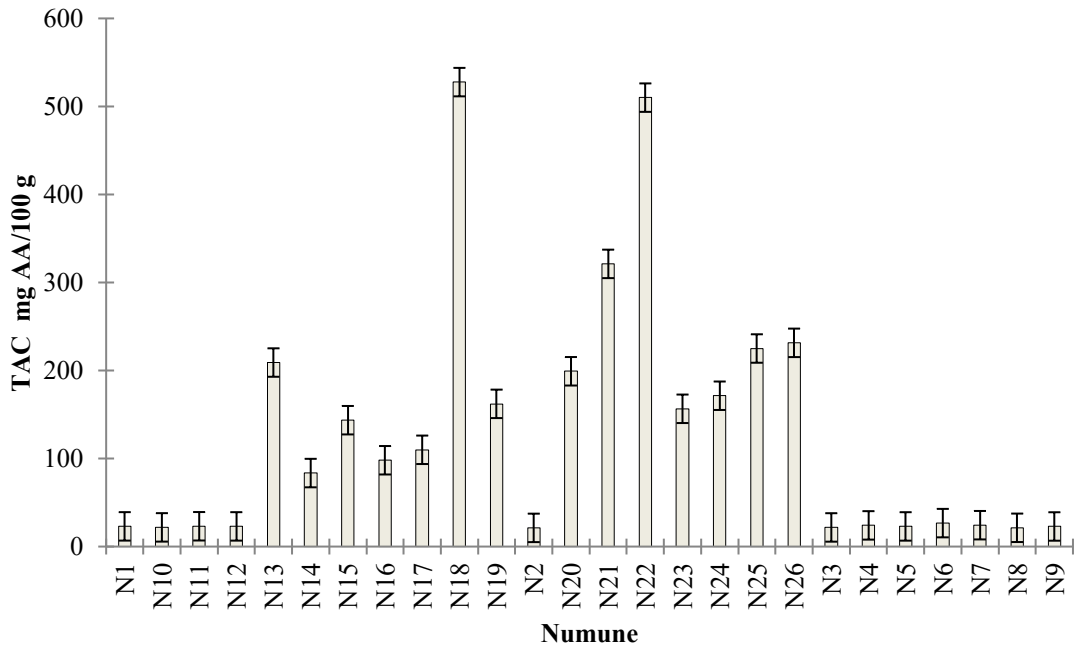
Antioksidan kapasitesi, gıdanın sağlık yararlarına ve besin değerine katkıda bulunabilir, bu nedenle dengeli bir diyetle çeşitli antioksidan kaynaklarına yer vermek önemlidir. Antioksidanların gıdalar için önemi birkaç yönden gelir: Hücresel Koruma: Antioksidanlar, vücuttaki hücrelerin oksidatif strese kaynaklanan hasara karşı korunmasına yardımcı olur. Serbest radikaller olarak adlandırılan reaktif moleküllerin neden olduğu oksidatif stres, DNA, proteinler ve lipitler gibi hücresel bileşenlerin hasar görmesine neden olabilir. Antioksidanlar, bu serbest radikalleri nötralize ederek hücreleri korur (Mathew vd., 2011).

Antioksidanlar, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesine yardımcı olabilir. Bu, enfeksiyonlarla savaşırken ve hastalıklara karşı vücudu korurken önemlidir. Kronik hastalık riskinin azaltılması, antioksidanlar, kalp hastalığı, kanser, diyabet ve diğer kronik hastalıkların gelişme riskini azaltabilir. Çünkü oksidatif stres, bu hastalıkların gelişiminde rol oynayan bir faktördür ve antioksidanlar bu stresi azaltarak koruyucu etki sağlayabilir (Willcox vd., 2004).

Oksidatif stresin hücrelerde ve dokularda hasara neden olması yaşlanma sürecini hızlandırabilir. Antioksidanlar, hücrelerin ve dokuların yaşlanma sürecini yavaşlatarak cilt sağlığını korumaya yardımcı olabilir. Bu nedenlerden dolayı, dengeli ve çeşitli bir diyetle yeterli miktarda antioksidan içeren gıdalar tüketmek önemlidir. Bu gıdalar genellikle meyve, sebze, kuruyemişler, tohumlar, tam tahıllar ve bazı baharatlar gibi doğal besinlerde bulunur (Aversa vd., 2016).

Toplam antioksidan madde içeriği değerlerinin kutu grafiği Şekil 23 de verilmiştir. Sumak örneklerinin TAC madde içeriğinin minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 21.2 mg QEE/kg -527.64 mg QEE/kg olarak belirlendi. En yüksek değer N11 piyasa örneğinde görülürken en düşük değer N2 piyasa örneğinde görülmüştür.

İncelediğimiz sumak ekşisi örneklerinin toplam antioksidan kapasite (TAC) değerleri genel olarak yüksek çıkmıştır. Sumak ekşisi örneklerinin yüksek antioksidan aktivitesi, hammaddenin cinsine, sumak meyvesinin cinsine ve oluştuğu bölgeye bağlıdır. Ayrıca ısıtıl işlemin diğer örneklerle göre daha hassas koşullarda uygulanması ve depolama işleminin daha iyi koşullarda sağlanması da daha yüksek antioksidan aktivite değerlerine yol açabilmektedir. Ham sumak meyvesinin içerdiği yüksek fenolik bileşikler yüksek antioksidan değerlerine neden olabilir. Toplam antioksidan kapasite değerleri (TAC) ile, pH, sakkaroz, toplam şeker değerleri arasında tespit edilen pozitif korelasyon değerleri 0.706, 0.687, 0.243 iken negatif korelasyon gördüğümüz DPPH, asitlik, HMF, fruktoz, glikoz, TPC değerleri 0.363, 0.345, 0.315, 0.293. 0,304, 0.290 olarak tespit edilmiştir.



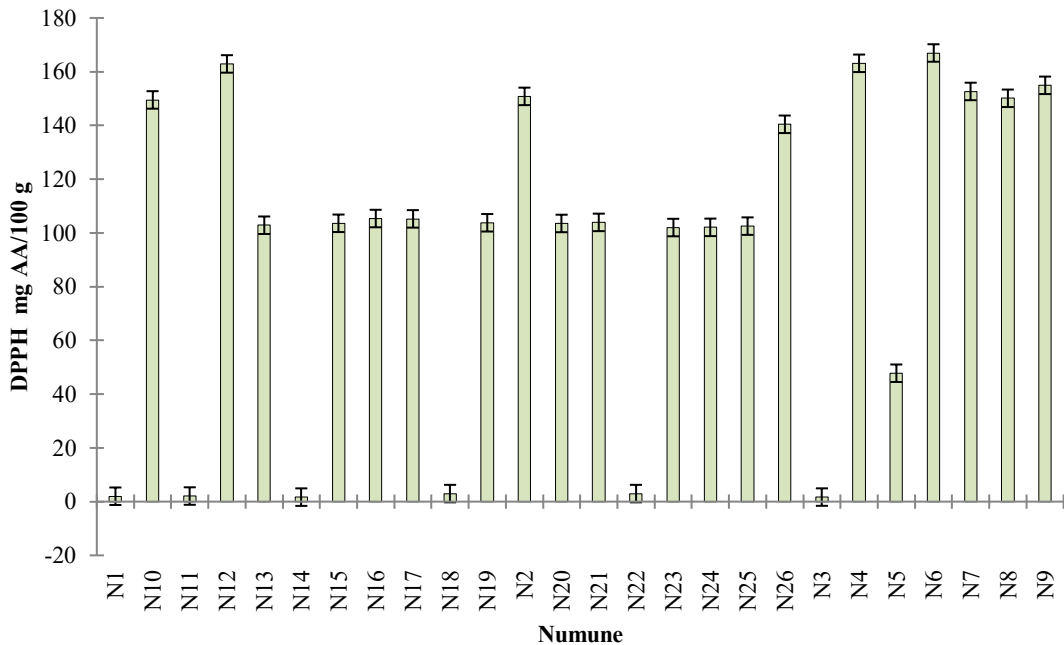
Şekil 26. Toplam TAC sütun grafiği

Yüksel (2018). Antioksidan aktivite ölçümünde ise DPHH radikali yakalama metodu kullanılarak EC50 değeri hesaplanmıştır ve hesaplanan EC50 değeri ne kadar düşükse örneklerin antioksidan aktivitesi de o kadar yüksek olmaktadır. Sumak yağı örneklerinde bulunan EC50 miktarı 84.93 mg/ml olarak tespit edilmiştir. Çiftçi Yegin (2017), yaptığı bir çalışmada sumağın EC50 değerini Hatay örneğinde 85.67 mg/ml olarak tespit etmiştir. Hosseini vd. (2020), sumak yağının antioksidan değerlerini yaptığı çalışmada 71.33- 85.29 mg/ml olarak belirlemiştir. Bu sonuçlar çalışmamızla paralellik göstermektedir.

#### 3.10.4. DPPH Kapasite Analiz Sonuçları

DPPH radikali (2.2-difenil-1-pikrilhidrazil) doğal olmayan stabil bir radikaldır ve antioksidan aktivite analizi için standart olarak kullanılır. Deney, belirli bir deride hazırlanan antioksidan solüsyonun belirli miktarda DPPH solüsyonu ile karıştırılması ve DPPH radikallerinden elektron transferinin inhibisyonunun ölçülmesine dayanmaktadır. Örnekler 3 paralel çalışılmıştır. Şekil 27’ de DPPH analiz sonuçları sütun grafiği şeklinde gösterilmiştir. Bu sonuçlara bakılacak olursa minimum ve maksimum sonuçlar 1.67- 166.96 mg AA/100 g arasında bulunmuştur.

Bu sonuçlara bakılacak olursa minimum ve maksimum sonuçlar 1,67- 166.96 mg AA/100 g arasında bulunmuştur. En yüksek değer N6 piyasa örneğinde görülürken, en düşük değer N3 piyasa örneği olduğu bulunmuştur. Örneklere bakacak olursak örnekler arasında fazla bir farklılık gözlenmemiştir. Sumak ekşisinde yapmış olduğumuz korelasyon çalışmasında DPPH değeri FRAP, asitlik, fruktoz, TPC, TFLK ile sırasıyla 0.295, 0.399, 0.557, 0.765, 0.402 pozitif yönde güçlü bir korelasyon oluştururken, briks, pH, sakkaroz, TAC ile sırasıyla 0.306, 0.500, 0.578, 0.363 ile negatif yönde korelasyon oluşmuştur.



Şekil 27. Toplam DPPH sütun grafiği

Yaptığımız DPPH analizinde diğer analizlerde olduğu gibi N11, N3, N1 piyasa örneğinin diğer numunelerde çok düşük olduğunu tespit ettik. Bu durumda istatistiksel olarak bu örneğinin diğer örneklerden farklı olduğunu göstermiştir. Bu N11, N3, N1

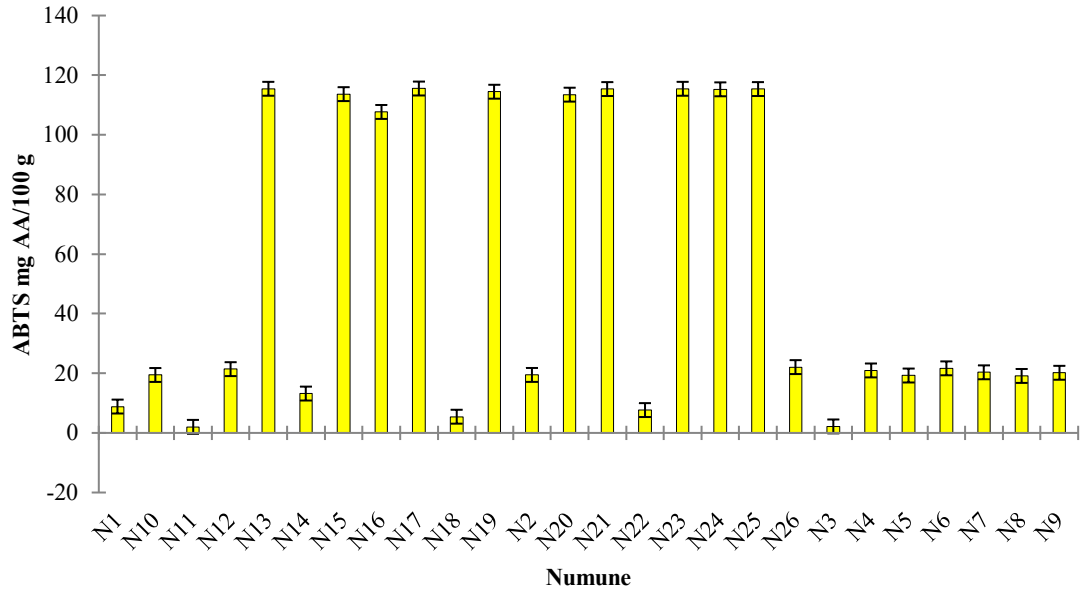
piyasa örneğin ham maddelerinden veya üretim sürecindeki işlemlerden kaynaklanabilir. Bu durum, yüksek ısıl işlem veya kötü depolama koşulları nedeniyle % inhibisyon değerlerinin ve antioksidan aktivitenin azalmasına bağlanabilir. Ayrıca analiz sırasında kullanılan ekstraksiyon yöntemi, ekstraksiyonda kullanılan çözücünün türü gibi analitik özelliklerin yanı sıra ürün özellikleri ve hammaddeye de dayanabilir. Düşük verim esas olarak N1 numunesinin şeker içeriğinden kaynaklanmaktadır. Analiz sonucunda % inhibisyon değeri ve DPPH mg AA/100 g değeri ne kadar yüksek olursa, örneğin antioksidan içeriği de o kadar fazla olur.

Mardin, Midyat'tan alınan sumak örneği (GS) ekstrakte edilmiş, DPPH yöntemi ile % antioksidan kapasitesi miktarları hesaplanmış ve en yüksek % antioksidan kapasitesi ultrasonik yöntem kullanılarak metanol çözücüsü ile 60 dk sürede ekstrakte edilen numunede % 79.47 ile gözlenmiştir (Irmak,2019). Bu çalışmaya örnek şekilde yaptığımız çalışmayı gösterebiliriz.

#### **3.10.5. ABTS Kapasite Analiz Sonuçları**

Bu yöntemde sumak ekşisi numunelerin antioksidan kapasitesi ABTS+ radikal katyonunu yakalama yeteneği ile ölçülmüştür. ABTS+ ve daraltılmış numunelerin solüsyonları hazırlanıp karanlıkta 120 dakika muhafaza edildi ve solüsyonların absorpsiyonu 734 nm'de spektrofotometrik olarak ölçüldü. Şekil 25. de radikal katyonu süpürücü etki tayinine ait kutu grafiği verilmiştir.

Sumak ekşisi örneklerinin ABTS mg AA/kg değerlerine ait Şekil 25.deki kutu grafiğine bakıldığında 26 adet örneklerinin minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 2.03-115.52 mg AA/100 g olarak bulunmuştur. En yüksek değer N17 ürettiğimiz örnekte iken en düşük değer N11 piyasa örneğinde saptanmıştır. Sumak ekşisi örneklerinin fizikokimyasal analizlerine ait korelasyon matrisinde ABTS % inhibisyon ve ABTS mg AA/kg değerlerinin diğer analizlerle ilişkisine bakıldığında; HMF, Sakkaroz, Fruktoz, Glukoz, % Asitlik ve % Briks ile sırasıyla 0.377, 0.242, 0.371, 0.435, 0.309, 0.775 negatif güçlü korelasyon ilişkisi saptanmıştır. ABTS mg AA/100 g değerleri bazı örneklerde 100.00 mg AA/100 g üzerinde bulunurken, bazı örneklerinde bu değer 20 mg AA/100 g civarında olmuştur. Örneklerin 2 grupta toplanmaları ve her grubun kendi aralarında dikkate alınacak farklılıklar olmadığı gözlenmiştir. Numuneler arasındaki bu farklılığın temel nedeni sakkaroz içermeleridir.

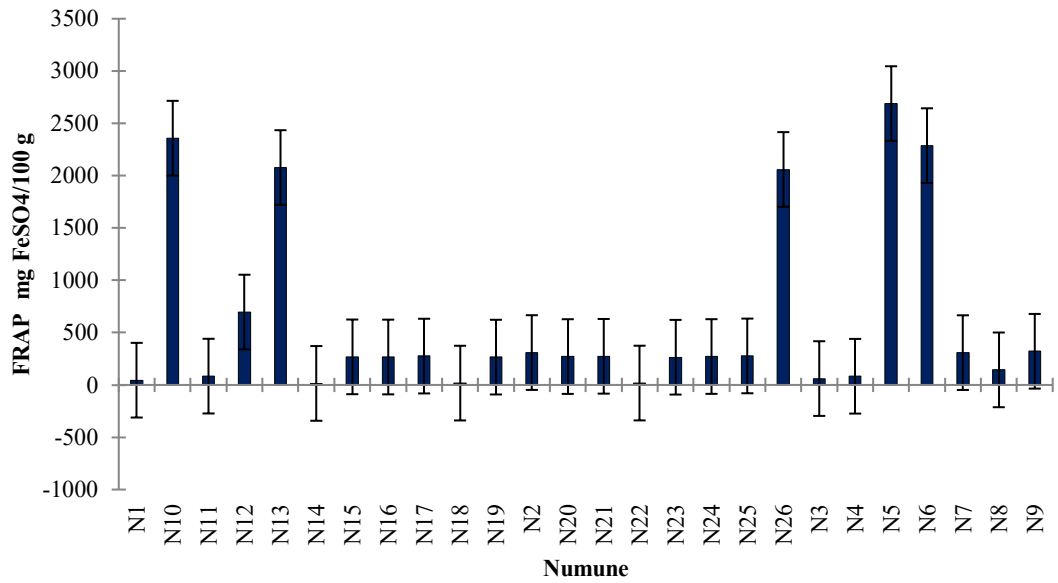


Şekil 28. Toplam ABTS sütun grafiği

### 3.10.6. FRAP Kapasite Analiz Sonuçları

FRAP yöntemiyle geleneksel olarak üretilen sumak ekşisi örneğinin antioksidan aktivitesi Şekil 29 da gösterilmiştir. FRAP analizleri demir indirgenme metoduyla hazırlanmıştır.  $\text{FeSO}_4$  (25.00, 50.50 100, 200 ve 400,00  $\mu\text{g/ml}$ ) çözeltisi ile elde edilen kalibrasyon grafiğinin doğru denklemi kullanılarak FRAP maddelerinin miktarları verildi ve toplam demir indirgeme antioksidan kapasitesi mg  $\text{FeSO}_4$  eşdeğeri/kg olarak verildi. Sumak ekşisi FRAP değerlerinin minimum ve maksimum değerleri 45.39-2688.91 mg  $\text{FeSO}_4/\text{kg}$  arasında değişmiştir . En yüksek değer N5 piyasa örneği iken en düşük değer N1 piyasa örneği çıkmıştır.

Sumak ekşisinde yapmış olduğumuz korelasyon çalışmasında FRAP değeri fruktoz, TPC, TFLK, DPPH ile sırasıyla 0.255, 0.489, 0.398, 0.295 pozitif güçlü korelasyon oluştururken, pH 0.238 ile negatif yönde korelasyon oluşmuştur. Bir literatürde sumak ekşisi için Hatay, Antep, Mersin, yöresinde çalışılan örneklerle % lik veriler bulunan sonuçlarla paralellik göstermemektedir (Yegin, 2017.) Bu durum proses değişkenlikler, genotip farklılıklardan dolayı yada çevresel faktörlerden dolayı olabilir.



Şekil 29. Toplam FRAP sütun grafiği

### 3.9. Sumak Ekşisi Örneklerinin Renk Değerleri

Gıda kalitesi değerlendirmesinde renk ölçümünün önemini, özellikle de  $L^*$  değeri,  $a^*$  değeri,  $b^*$  değeri, C değeri ve  $h^\circ$  değeri gibi parametrelere açısından önemlidir. Bu parametreler açıklık, kırmızılık, sarılık, yeşillik, parlaklık, yoğunluk, saflık ve renk tonu gibi renk özelliklerinin objektif ölçümlerini sağlar. 0 ile 100 arasında değişen L değeri, bir rengin açıklığını veya koyuluğunu temsil eder. Daha yüksek bir L değeri daha açık renkleri belirtir; 100 beyaz ve 0 siyahtır.  $a^*$  değeri pozitif olduğunda kırmızılığı, negatif olduğunda yeşilliği,  $b^*$  değeri ise pozitif olduğunda sarılığı, negatif olduğunda maviliği temsil eder. Bu değerler özellikle renk tonlarındaki ince farkları ölçmek için kullanışlıdır. Kroma olarak da bilinen C değeri, bir rengin yoğunluğunu veya doygunluğunu yansıtır. Daha yüksek C değerleri daha yoğun veya doymuş renkleri belirtirken, daha düşük değerler daha donuk renkleri gösterir. Son olarak  $h^\circ$  değeri renk tonunu veya ton açısını temsil eder.

Kırmızı, yeşil, mavi vb. gibi bir renk uzayındaki belirli renk yönünü belirtir. Sumak ekşisi üretimi bağlamında bu renk parametrelerinin anlaşılması ürün kalitesinin korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Örneğin,  $L^*$  değerindeki değişikliklerin izlenmesi, renk yoğunluğuna katkıda bulunan antosiyaninlerin bozulmasının tespit edilmesine yardımcı olabilir. Ayrıca,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerindeki değişiklikler, rengin kırmızı veya sarı tonlarına doğru kaymasını gösterebilirken, C ve  $h^\circ$  değerlerindeki değişiklikler, renk yoğunluğu ve tonundaki değişiklikleri ortaya çıkarabilir.

Tablo 10. Örneklere ait renk analiz sonuçları

| Numune | L*                             | a*                               | b*                            | $\Delta E^*$                     |
|--------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| N1     | 20.27 <sup>h</sup><br>±0.96    | 21.01 <sup>l</sup><br>±1.35      | -4.64 <sup>cd</sup><br>±0.09  | 6.82 <sup>b</sup><br>±0.85       |
| N2     | 41.67 <sup>j</sup><br>±3.56    | 9.80 <sup>cdefg</sup><br>±1.28   | 28.03 <sup>p</sup><br>±0.64   | 36.98 <sup>m</sup><br>±3.09      |
| N3     | 16.54 <sup>efg</sup><br>±0.43  | 8.72 <sup>b</sup><br>±0.92       | -3.58 <sup>ghi</sup><br>±0.63 | 11.10 <sup>ijk</sup><br>±0.61    |
| N4     | 17.12 <sup>efg</sup><br>±0.51  | 10.35 <sup>efghi</sup><br>±0.60  | -1.40 <sup>m</sup><br>±0.48   | 8.72 <sup>cd</sup><br>±0.50      |
| N5     | 15.12 <sup>bcd</sup><br>±0.10  | 10.35 <sup>efghi</sup><br>±0.43  | -4.23 <sup>def</sup><br>±0.05 | 10.26 <sup>efghij</sup><br>±0.35 |
| N6     | 16.16 <sup>def</sup><br>±0.04  | 9.28 <sup>bcd</sup><br>±0.07     | -3.09 <sup>j</sup><br>±0.04   | 10.41 <sup>fghijk</sup><br>±0.05 |
| N7     | 16.91 <sup>efg</sup><br>±0.06  | 10.39 <sup>efghi</sup><br>±0.19  | -2.02 <sup>kl</sup><br>±0.13  | 8.89 <sup>cd</sup><br>0.21       |
| N8     | 13.39 <sup>a</sup><br>±0.04    | 9.55 <sup>bcddefg</sup><br>±0.05 | -3.36 <sup>ij</sup><br>±0.18  | 11.10 <sup>ijk</sup><br>±0.10    |
| N9     | 17.78 <sup>g</sup><br>±0.25    | 9.92 <sup>cdefghi</sup><br>±0.27 | -1.44 <sup>m</sup><br>±0.08   | 9.09 <sup>cdef</sup><br>±0.23    |
| N10    | 17.57 <sup>fg</sup><br>±0.20   | 10.08 <sup>defghi</sup><br>±0.04 | -1.67 <sup>lm</sup><br>±0.19  | 9.01 <sup>cde</sup><br>±0.06     |
| N11    | 15.76 <sup>cde</sup><br>±0.37  | 10.80 <sup>i</sup><br>±0.91      | -3.97 <sup>efg</sup><br>±0.48 | 9.60 <sup>defg</sup><br>±1.08    |
| N12    | 14.28 <sup>ab</sup><br>±0.17   | 9.07 <sup>bc</sup><br>±0.30      | -4.41 <sup>cde</sup><br>±0.25 | 11.64 <sup>k</sup><br>±0.18      |
| N13    | 14.48 <sup>abc</sup><br>±0.30  | 9.50 <sup>bcddefg</sup><br>±0.16 | -3.86 <sup>fgh</sup><br>±0.10 | 10.97 <sup>hijk</sup><br>±0.02   |
| N14    | 19.24 <sup>h</sup><br>±0.09    | 16.33 <sup>j</sup><br>±0.25      | -6.33 <sup>a</sup><br>±0.19   | 7.96 <sup>bc</sup><br>±0.24      |
| N15    | 15.74 <sup>cde</sup><br>±0.08  | 10.26 <sup>efghi</sup><br>±0.14  | -3.44 <sup>hij</sup><br>±0.11 | 9.79 <sup>defghi</sup><br>±0.17  |
| N16    | 15.92 <sup>de</sup><br>±0.04   | 10.11 <sup>defghi</sup><br>±0.05 | -4.70 <sup>c</sup><br>±0.10   | 10.53 <sup>ghijk</sup><br>±0.02  |
| N17    | 16.41 <sup>defg</sup><br>±0.17 | 10.75 <sup>hi</sup><br>±0.24     | -4.67 <sup>cd</sup><br>±0.05  | 9.91 <sup>defghi</sup><br>±0.18  |
| N18    | 28.35 <sup>i</sup><br>±0.18    | 4.43 <sup>a</sup><br>±0.11       | 20.28 <sup>o</sup><br>±0.13   | 26.00 <sup>l</sup><br>±0.08      |
| N19    | 16.63 <sup>efg</sup><br>±0.15  | 9.47 <sup>bcddef</sup><br>±0.17  | -2.21 <sup>k</sup><br>±0.10   | 9.83 <sup>defghi</sup><br>±0.19  |
| N20    | 17.06 <sup>efg</sup><br>±0.17  | 9.40 <sup>bcd</sup><br>±0.22     | -1.78 <sup>klm</sup><br>±0.10 | 9.71 <sup>defgh</sup><br>±0.24   |

Tablo 10. (Devamı)

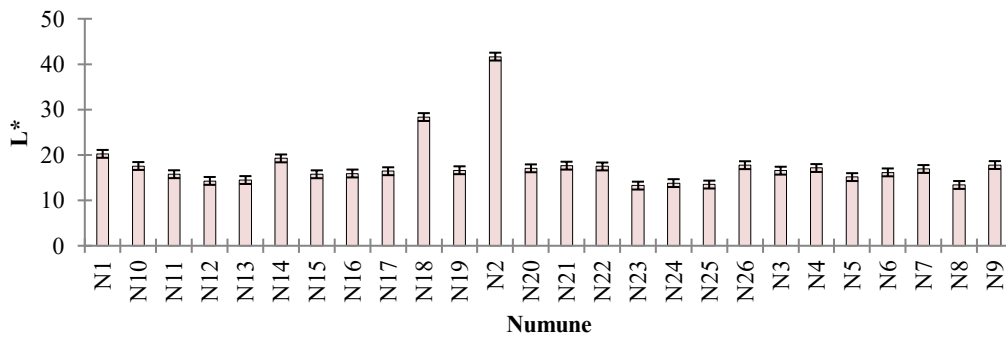
|     |                              |                                 |                                |                                 |
|-----|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| N21 | 17.64 <sup>g</sup><br>±0.16  | 10.61 <sup>hi</sup><br>±0.18    | -1.91 <sup>kl</sup><br>±0.04   | 8.59 <sup>cd</sup><br>±0.16     |
| N22 | 17.47 <sup>fg</sup><br>±0.08 | 15.74 <sup>j</sup><br>±0.05     | -5.28 <sup>b</sup><br>±0.08    | 7.08 <sup>b</sup><br>±0.06      |
| N23 | 13.25 <sup>a</sup><br>±0.05  | 9.63 <sup>bcdefg</sup><br>±0.22 | -4.32 <sup>cdef</sup><br>±0.08 | 11.52 <sup>jk</sup><br>±0.19    |
| N24 | 13.80 <sup>ab</sup><br>±0.15 | 9.27 <sup>bcd</sup><br>±0.36    | -4.13 <sup>ef</sup><br>±0.04   | 11.50 <sup>jk</sup><br>±0.36    |
| N25 | 13.48 <sup>a</sup><br>±0.07  | 10.46 <sup>ghi</sup><br>±0.13   | -4.05 <sup>ef</sup><br>±0.03   | 10.65 <sup>ghijk</sup><br>±0.07 |
| N26 | 17.75 <sup>g</sup><br>±0.14  | 18.13 <sup>k</sup><br>±0.43     | 0.99 <sup>n</sup><br>±0.16     | 0.55 <sup>a</sup><br>±0.48      |

Tabloda bulunan aynı sütundaki farklı harfler ikili karşılaştırmada önemli istatistiksel farklılığı ifade etmektedir (p<0.05). n:3. Duncan testi uygulanmıştır.

Üreticiler, renk ölçüm araçlarını kullanarak ve bu parametreleri izleyerek, sumak ekşisi gibi gıda ürünlerinin tutarlı kalite ve görünümünü sağlarken, işleme yöntemleri veya saklama koşulları nedeniyle renkteki istenmeyen değişiklikleri en aza indirebilir.

### 3.11.1. L\*Analiz Sonuçları

Farklı sumak ekşisi çeşitlerinin renk parametrelerinin değerleri Şekil 30 da gösterilmektedir. Parlaklık göstergesi L\* değeri 0 ile 100 arasındadır. İşlenen hammaddenin ve üretim sürecinin özellikleri L\* değerini etkileyebilir. Yüksek sıcaklıkta uzun süreli ısıtılarda L\* değeri daha yüksek olabilmektedir (Türkmen, 2022).



Şekil 30. Toplam L\* sütun grafiği

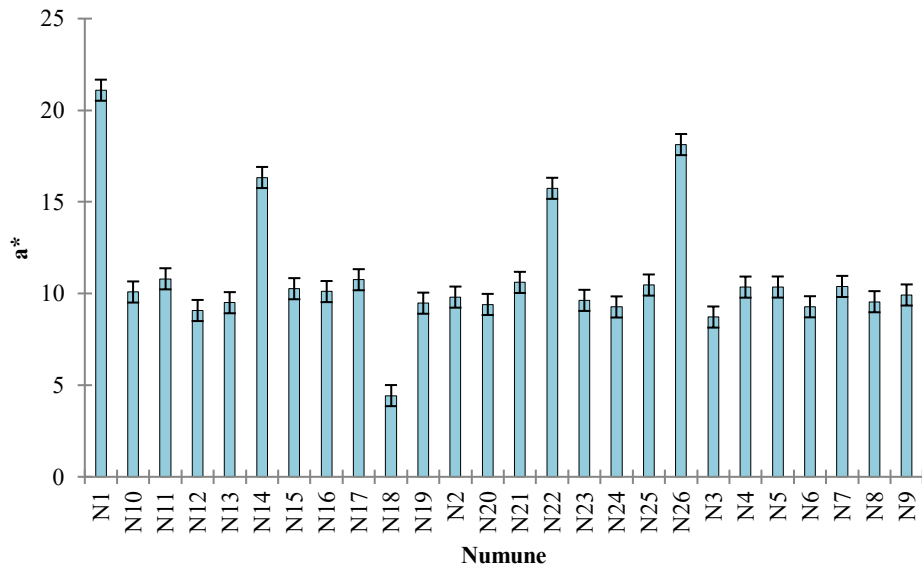
Konsantrasyon sırasında suda çözünen kuru madde miktarının artmasına paralel olarak moleküldeki parlaklığın L\* değeri azalır ve bu azalma, ısıtılma derecesine ve süresine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. L\*'daki azalma sanayi havzasındakinden

daha fazladır. Endüstriyel havzaların açık hava kazanlarında üretilenlere göre yüzde 100 daha fazla olduğunu destekleyen çalışmalar bulunmaktadır (Başar, 2019).

Şekil 30’da L\* değerlerine ait sütun grafiği verilmiştir. Yaptığımız çalışmada L\* değeri 13.25 ile 41.66 arasındadır. N2 piyasa örneği en yüksek değeri alırken N23 kontrol örneği en düşük değere sahiptir. N18 ve N2 haricinde diğer örneklerde oransal açıdan büyük bir farklılık yoktur.

### 3.11.2. a\* Analiz Sonuçları

Antosiyaninler, meyve ve sebzelerin kendine özgü kırmızısından mora kadar değişen tonlarda çeşitli renklerini veren, suda çözünabilir nitelikteki doğal renk maddeleridir. Antosiyanin içeren ürünlerin renk stabilitesi, sıcaklık, askorbik asit, şekerler bileşenleri, oksijen, pH gibi birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Pigmentlerin degradasyonu ürünlerin renginin bozulmasına sebep olur



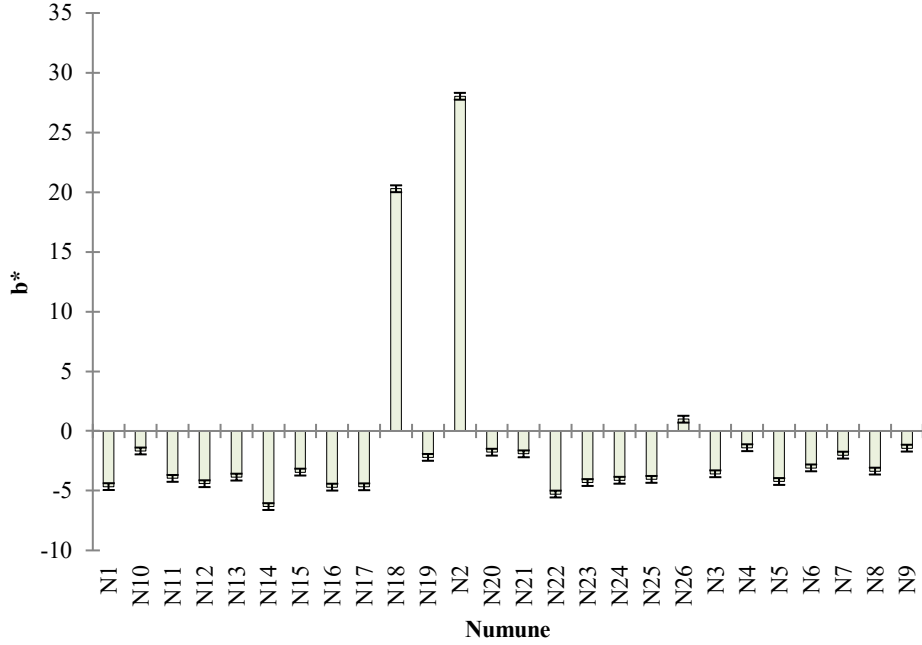
Şekil 31. Toplam a\* sütun grafiği

Antosiyanin içeren ürünlerde uygulanan işleme sıcaklığının, depolama sıcaklık ve süresinin antosiyanin parçalanmasında önemli etkileri vardır. Ayrıca oksijen bu etkiyi artırmaktadır (Cemeroğlu ve ark., 2004). Sumak ekşilerinde kırmızılığın sembolü olan a\* Şekil 31 de verilmiştir. Analizimize göre N1 piyasa örneğimiz 21.09 ile en yüksek değeri alırken N3 piyasa örneğimiz 8.71 ile en düşük değere sahiptir.

### 3.11.3. b\* Analiz Sonuçları

Yaptığımız çalışmada b\* değeri sarı rengi ifade ediyor. Şekil 32 de sütun grafiği mevcuttur. N2 piyasa örneğimiz 28.02 pozitif bir sonuç çıkarken, diğer örneklerimiz eksi

değer göstermiştir. Negatif değer çıkan örneklerde istatistiksel olarak bir farklılık gözükmemektedir. Renk çalışmamızda minumum ve maksimum değerler -4.67-28.02 arasında görülmüştür. En yüksek değer N2 piyasa örneğinde çıkarken, en düşük değer N1 piyasa örneğinde görülmüştür.



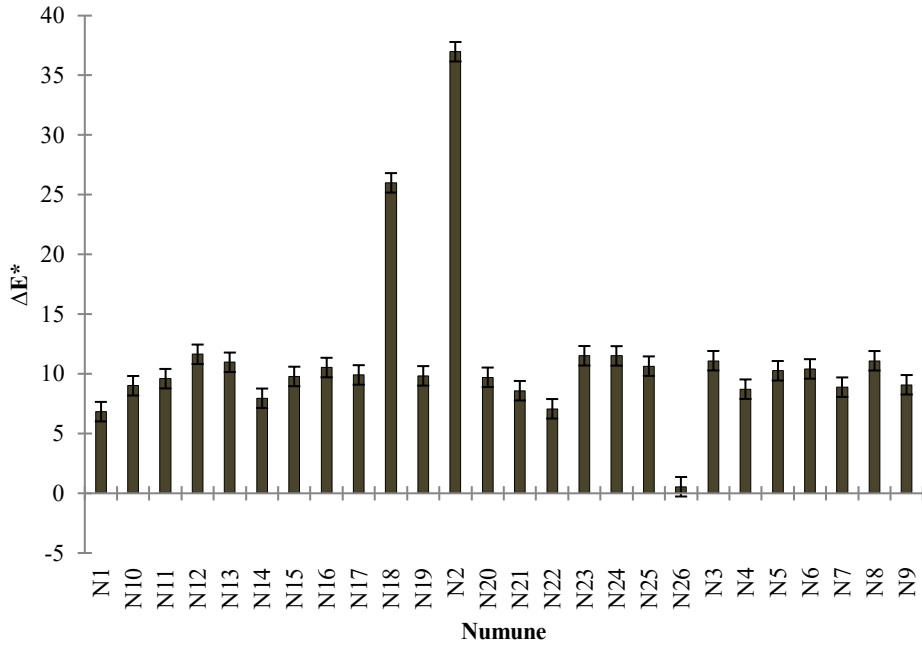
Şekil 32. Toplam b\* sütun grafiği

#### 3.11.4. $\Delta E^*$ Analiz Sonuçları

$\Delta E^*$  (Delta E), iki renk arasındaki farkı ölçmek için kullanılan bir metriktir. Hem renkliliği (ton ve doygunluk) hem de açıklık farklılıklarını dikkate alarak algılanan renk farkını ölçer.  $\Delta E^*$  tekstil, grafik tasarım, baskı ve imalat gibi sektörlerde renk tutarlılığı ve kalite kontrolünü sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. İki rengin ne kadar yakından eşleştiğini veya birbirlerinden ne kadar saptığını değerlendirmeye yardımcı olur.  $\Delta E^*$  değerinin 0 olması mükemmel bir renk eşleşmesini gösterir. 1'in altındaki değerler genellikle insan gözüyle algılanamaz. Çoğu uygulama için 1 ile 2 arasındaki değerler genellikle kabul edilebilir. 2'nin üzerindeki değerler gözle görülür renk farklılıklarını gösterir.

Analizlerimiz sonucunda  $\Delta E^*$  sonuçları görülmüştür. Şekil 33 de sütun grafiği mevcuttur. Minimum ve maksimum değerleri 0,54-36.97 arasında bulunmuştur. En yüksek değer N2 piyasa örneğindeyken, en düşük değer N26 kontrol örneğinde

bulunmuştur. N2 piyasa örneği hariç diğer örneklerde istatistiksel farklılıklar bulunmamaktadır.



Şekil 33. Toplam  $\Delta E^*$  sütun grafiği

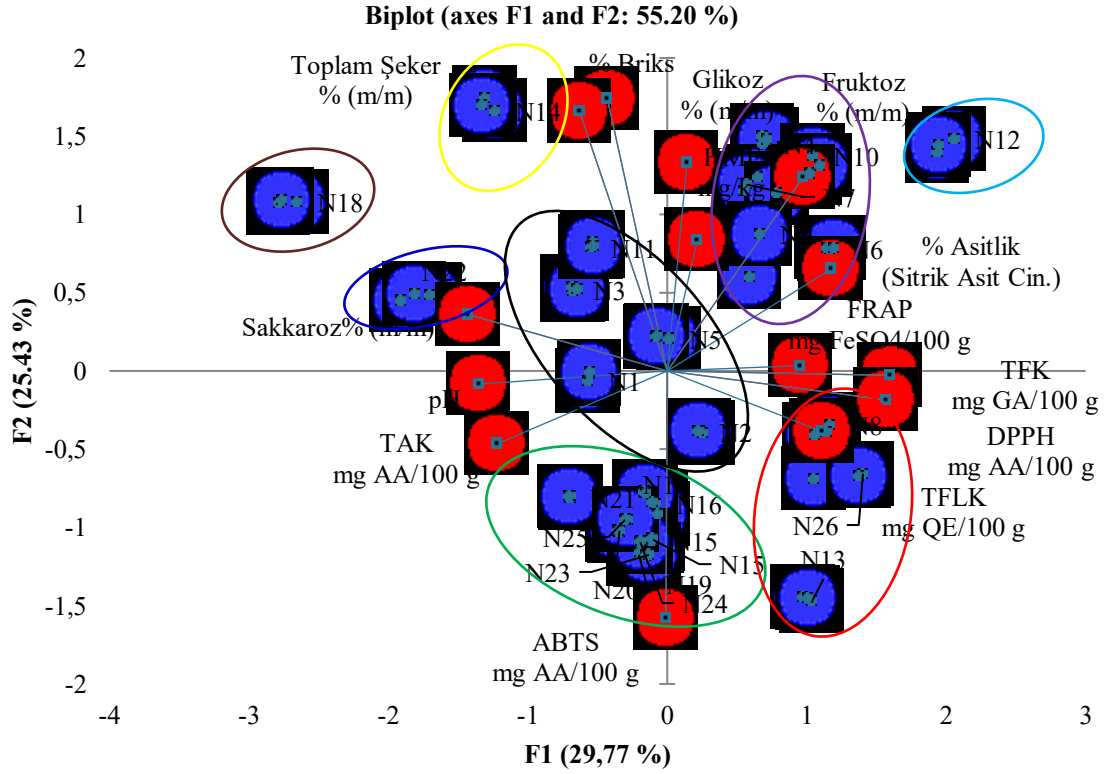
### 3.11. Analiz Sonuçlarının PCA Değerlendirmesi

Temel Bileşen Analizi (PCA), gıda bilimi dahil olmak üzere çeşitli alanlarda, karmaşık veri kümelerini analiz etmek ve kalıpları veya eğilimleri tespit etmek için kullanılan güçlü bir kemometrik yöntemdir. Gıda taşıması bağlamında PCA çeşitli şekillerde uygulanabilir. PCA, bileşimsel verilerdeki varyansı analiz ederek gıda numunelerinde taşımanın varlığının tespit edilmesine yardımcı olabilir. Taşıyanlar, PCA tarafından yakalanabilecek yeni modeller ortaya çıkarabilir veya mevcut olanları değiştirebilir.

PCA, bileşim profillerine göre orijinal ve taşıyan örnekleri ayırt edebilir. Orijinal numuneler bir arada kümelenme eğilimindeyken, taşıyan edilen numuneler ayrı kümeler oluşturabilir veya beklenen modelden sapabilir. PCA aynı zamanda PCA skor grafiğindeki konumlarını bilinen orijinal ve taşıyan edilen numunelerin konumlarıyla karşılaştırarak gıda numunelerindeki taşıyanı tespit etmek için kullanılabilir. Orijinal kümeyle olan mesafe, taşıyanın derecesi hakkında bir tahmin sağlayabilir.

PCA, farklı gıda örnekleri arasındaki temel ilişkileri ve benzerlikleri ortaya çıkarabilir; bu, gıda taşıyanı çalışmalarında keşif amaçlı veri analizi ve hipotez oluşturma için yararlı olabilir. Genel olarak PCA, karmaşık bileşimsel verileri analiz etmek için

veriye dayalı bir yaklaşım sağlar ve gıda taşımasının tespitini, tanımlanmasını ve miktarının belirlenmesini geliştirebilir. Ancak gıda orijinallığı ve güvenliğine ilişkin kapsamlı bir değerlendirme için PCA' nın diğer analitik tekniklerle tamamlanması önemlidir.



Şekil 34. PCA analizi grafiği

Şekil 34 incelendiğinde, F1 ve F2 (%55.20) birlikte ele alındığında Şekil 34 incelendiğinde, N13 ve N26 nolu örnekler kontrol amacıyla kullanmış olduğumuz vakum altında elde edilen sumak ekşisi örnekleri ayrı bir olarak görülmektedir. PCA yükleme ve skor tablosu verilmiştir (Tablo 11).

PCA' da iki ana bileşen yüklemeler ve puanlar hesaplanır. Yükler, orijinal değişkenler ile temel bileşenler arasındaki korelasyonu temsil eder. Her değişkenin temel bileşenlere katkısını gösterirler. Yüklemeler genellikle satırların değişkenlere ve sütunların temel bileşenlere karşılık geldiği bir matris olarak temsil edilir. Puanlar, orijinal verilerin temel bileşenler tarafından tanımlanan yeni koordinat sistemine yansıtılmasını temsil eder. Puan matrisinin her satırı, orijinal veri kümesindeki bir gözleme karşılık gelir ve her sütun, bir temel bileşene karşılık gelir.

Tablo 11. PCA yükleme ve skor tablosu

|           | F1     | F2     | F3     | F4     | F5     |     | F1     | F2     | F3     | F4     | F5     |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| % Briks   | -0.086 | 0.917  | 0.149  | 0.048  | 0.221  | N1  | -1.168 | 0.185  | -1.274 | -0.751 | 0.468  |
| % Asitlik | 0.658  | 0.255  | 0.226  | 0.006  | -0.165 | N2  | -1.135 | 0.272  | -1.259 | -0.789 | 0.470  |
| pH        | -0.696 | -0.035 | 0.377  | 0.518  | 0.142  | N3  | -1.130 | 0.294  | -1.268 | -0.800 | 0.498  |
| HMF       | 0.168  | 0.467  | -0.430 | -0.484 | 0.241  | N4  | 0.338  | -0.745 | -1.096 | 0.088  | -0.365 |
| Fruktoz   | 0.602  | 0.586  | 0.023  | 0.149  | -0.394 | N5  | 0.386  | -0.772 | -1.075 | 0.068  | -0.357 |
| Glikoz    | 0.175  | 0.526  | -0.170 | 0.771  | 0.180  | N6  | 0.321  | -0.728 | -1.124 | 0.072  | -0.363 |
| Sakkaroz  | -0.697 | 0.370  | 0.431  | -0.350 | -0.117 | N7  | -1.230 | 1.286  | -0.831 | -0.409 | 0.889  |
| T. Şeker  | -0.071 | 0.825  | 0.307  | -0.121 | -0.399 | N8  | -1.229 | 1.325  | -0.843 | -0.451 | 0.867  |
| TPC       | 0.828  | -0.176 | 0.477  | 0.010  | 0.058  | N9  | -1.167 | 1.299  | -0.877 | -0.505 | 0.855  |
| TAC       | -0.653 | -0.116 | 0.645  | -0.020 | -0.211 | N10 | 1.805  | 2.645  | -1.485 | -0.439 | -0.778 |
| TFLK      | 0.543  | -0.307 | 0.631  | -0.036 | 0.313  | N11 | 1.809  | 2.748  | -1.571 | -0.558 | -0.699 |
| DPPH      | 0.795  | -0.198 | 0.035  | 0.067  | -0.423 | N12 | 1.874  | 2.695  | -1.562 | -0.578 | -0.724 |
| ABTS      | -0.124 | -0.819 | -0.077 | 0.087  | -0.320 | N13 | 0.059  | 0.549  | -0.251 | -1.444 | 1.845  |
| FRAP      | 0.493  | -0.053 | 0.373  | -0.162 | 0.450  | N14 | -0.133 | 0.597  | -0.437 | -1.427 | 1.819  |
|           |        |        |        |        |        | N15 | -0.114 | 0.605  | -0.412 | -1.486 | 1.864  |
|           |        |        |        |        |        | N16 | 2.597  | 1.041  | 1.292  | 0.693  | 0.389  |
|           |        |        |        |        |        | N17 | 2.553  | 1.059  | 1.234  | 0.739  | 0.275  |
|           |        |        |        |        |        | N18 | 2.648  | 1.036  | 1.344  | 0.669  | 0.452  |
|           |        |        |        |        |        | N19 | 1.478  | 2.021  | -0.599 | 0.817  | -1.356 |
|           |        |        |        |        |        | N20 | 1.714  | 2.141  | -0.491 | 0.995  | -1.529 |
|           |        |        |        |        |        | N21 | 1.531  | 2.088  | -0.599 | 0.900  | -1.454 |
|           |        |        |        |        |        | N22 | 2.193  | -0.960 | 0.193  | -0.470 | 0.084  |
|           |        |        |        |        |        | N23 | 1.970  | -1.049 | 0.080  | -0.477 | 0.205  |
|           |        |        |        |        |        | N24 | 2.137  | -1.041 | 0.238  | -0.489 | 0.223  |
|           |        |        |        |        |        | N25 | 1.354  | 1.047  | -0.736 | -0.393 | -0.395 |
|           |        |        |        |        |        | N26 | 1.926  | 1.946  | -0.679 | 0.275  | -1.028 |

PCA' da F1 ve F2 tipik olarak verilerdeki en fazla varyansı yakalayan orijinal değişkenlerin (özellikler) doğrusal kombinasyonları olan sırasıyla birinci ve ikinci ana bileşenleri temsil eder. Bu bileşenler, numuneler arasındaki ilişkileri ve gruplandırmaları görselleştirmek için çizilebilir. Bu, ilk iki temel bileşenin veri setinde mevcut değişkenliğin büyük bir bölümünü yakaladığını göstermiştir. Şekil 34'e baktığımız zaman incelenen örnekler arasında 8 farklı gruplaşma olduğu görülmektedir. N13 ve N26 nolu örnekler kontrol amacıyla kullanmış olduğumuz üretilen sumak ekşileridir. Piyasadan alınan N8 nolu örnek ile ayrı bir grup olarak görülmektedir.

Söz konusu grafikte N13, N26 ve N8 nolu örnekler ayrı birer grup oluşturmuştur. N4, N6, N7, N9 ve N10 nolu örnekler bir grup oluşturdu. N12 nolu örnek bir grup, N22 nolu örnek bir grup, N14 nolu örnek ve N18 nolu her biri ayrı bir grup oluşturdu. N1, N2,

N3, N5, N11 bir grup ve N15, N16, N17, N19, N20, N21, N23, N24 ve N25 nolu örnekler bir grup olarak ayrılmışlardır.

PCA analizi ile sumak ekşisinde yapılan taşışların ortaya çıkarılmasında kemometrik yaklaşımda fiziksel, kimyasal, TFK, TFLK, TAK, DPPH, ABTS ve FRAP analiz verileri kullanıldı. Şekil 34 incelediğimizde N13 ve N26 nolu örnekler vakum evaporatörde hazırlanan sumak ekşisi örnekleridir. N8 nolu örnekle birlikte diğer örneklerden ayrı bir grup olduğu görülmektedir. Bu 3 adet örnekte; toplam şeker, glikoz, fruktoz ve sakaroz oranları çok düşük çıkmıştır. Kontrol örneği olarak hazırlanan 2 adet örnekte toplam şeker olarak genel değerlendirme yaptığımızda N13 için %1.92 ve N26 için %1.86 olarak bulunmuştur. Diğer taraftan TAK analizi hariç TFK, TFLK, TAK, DPPH, ABTS ve FRAP analiz sonuçları söz konusu bu örneklerde yüksek çıkmıştır.

Bu çalışmada incelenen 12 adet piyasa örneğinden sadece 1 adedinin gerçek sumak ekşisi olduğu bu kemometrik yaklaşımla ortaya konmuştur. Taşışlı ürün olarak ayrı ayrı hazırlanan %5-15 ve 25 sakkaroz, %5-15 ve 25 glikoz, %5-15 ve 25 invert şekerli örnekler (Tablo 6) kemometrik yöntemde piyasadan alınan ve taşış edildiği düşünülen örnekler ile birlikte grupta yer almışlardır (N15, N16, N17, N19, N20, N21, N23, N24 ve N25) (Şekil 34)

PCA analizi kullanılarak yapmış olduğumuz bu kemometrik yaklaşımda Fiziksel, Kimyasal analizler, TFK, TFLK, TAK, DPPH, ABTS ve FRAP analizleri taşışın belirlenmesinde kullanılabileceği ortaya konmuştur. PCA analizi bu kemometrik yaklaşımda fruktoz, glikoz, sakaroz, toplam şeker, TFK, TFLK, TAK, DPPH, ABTS ve FRAP analiz sonuçları üzerinden ayrımı gerçekleştirmiştir.

### 3.12. FTIR Analizine Ait Bulgular

FTIR, Fourier matematiksel dönüşümünü kullanarak ışığın kızılötesi yoğunluğunu dalga sayısına göre ölçen bir kimyasal analiz tekniğidir. Elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümü 1400 cm<sup>-1</sup> ile 10 cm<sup>-1</sup> arasında bulunur ve yakın kızılötesi (NIR; 1400-400 cm<sup>-1</sup>), orta kızılötesi (MIR; 4000-400 cm<sup>-1</sup>) ve uzak kızılötesi (FIR; 400-4 cm<sup>-1</sup>) olmak üzere üç bölgeye ayrılır. Kızılötesi ışıının, kimyasal bağların gerilme, sıkışma ve bükülme gibi çeşitli titreşim hareketlerini absorbe ederek emilir. Bu titreşimlerdeki değişimler, spektral piklerin oluşmasına neden olur (Yaman, 2019).

Nar, erik gibi çeşitli meyvelerden üretilen geleneksel Türk gıda ürünü olan ekşinin FTIR analizleri, kimyasal bileşenleri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. FTIR spektroskopisi, sumak ekşisindeki fonksiyonel grupları, örneğin şekerlerden gelen hidroksil grupları, organik asitlerden karboksil grupları ve olası katkı maddeleri veya yabancı

maddelerden kaynaklanan diğer fonksiyonel grupları tanımlar. Ekşi, esas olarak kullanılan meyve sularından elde edilen şekerlerden oluşur. Farklı şekerlerin kızılötesi spektrumunda karakteristik emilim bantları göstermesi nedeniyle, FTIR analizi şeker miktarını belirlemek için kullanılabilir.

Ekşi üretiminde koruyucular veya lezzet artırıcılar gibi katkı maddeleri kullanıldığında, FTIR bu maddelerin karakteristik emilim bantlarını tanımlayarak varlıklarını saptayabilir. Aynı şekilde, FTIR numunede bulunabilecek kirleticileri veya safsızlıklarında tespit edebilir. FTIR spektroskopisi, ekşi numunelerin spektral parmak izlerini orijinal numunelerin referans spektrumları ile karşılaştırarak kimlik doğrulaması yapmak için kullanılır. Bu yöntem, özellikle hile veya sahtecilik uygulamalarının endişe yarattığı durumlarda, ürünün kalitesini ve gerçekliğini doğrulamak için önemlidir.

FTIR, ekşinin kimyasal bileşimi üzerindeki farklı işleme yöntemlerinin etkilerini incelemek amacıyla da kullanılabilir. Örneğin, işleme parametrelerindeki sıcaklık veya pH değişiklikleri, şuruptaki şekerlerin veya diğer organik bileşiklerin kompozisyonunda değişikliklere yol açabilir. Genel olarak, ekşi örneklerin FTIR analizleri, kimyasal bileşenleri karakterize etmek, kalite kontrolü yapmak ve işleme etkilerini değerlendirmek için zararsız ve etkili bir analitik teknik sağlar. FTIR spektroskopisi, pekmez numunelerinin spektral parmak izlerini orijinal numunelerin referans spektrumlarıyla karşılaştırarak kimlik doğrulaması yapmak için kullanılabilir. Bu, özellikle tağşiş veya sahtekarlık uygulamalarının endişe verici olabileceği durumlarda, ürünün kalitesinin ve orijinalliğinin sağlanmasına yardımcı olur (Aykas vd., 2023).

Sumak ekşisi ve çalışmada kullanılan diğer örneklerin FTIR spektrumları (4000-400  $\text{cm}^{-1}$ ) Şekil 35'de sunulmuştur. Şekil 35'de belirtildiği üzere, ekşi örnekler beklenen şekilde FTIR bölgesinde (4000-400  $\text{cm}^{-1}$ ) benzer absorpsiyon bantlarına sahiptir (EK 1-26).

FTIR'da (Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi), spektrumdaki her zirve veya bant, örnekte bulunan belirli bir fonksiyonel grubu temsil eder. İşte bazı yaygın fonksiyonel gruplar ve onların absorpsiyon zirvelerinin görüldüğü dalga sayısı aralıkları: Alkoller/OH grupları: Genellikle 3200-3600  $\text{cm}^{-1}$  aralığında (geniş zirve) görülür. Karbonil grupları (C=O): Aldehitler, ketonlar ve karboksilik asitler tipik olarak 1700-1750  $\text{cm}^{-1}$  aralığında absorbe olur. Aminler/NH grupları: Tipik olarak yaklaşık 3300-3500  $\text{cm}^{-1}$  aralığında (geniş zirve) absorbe olur. Alkenler/C=C bağları: Absorpsiyon genellikle 1600-1680  $\text{cm}^{-1}$  aralığında olur. Aromatik halkalar: 1600-1500  $\text{cm}^{-1}$  aralığında absorbe olur (genellikle birden fazla zirve ile). C-H gerilme titreşimleri: Alkanlar genellikle 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$  aralığında absorbe olur. C-O gerilme titreşimleri: Alkoller,

eterler, esterler tipik olarak 1000-1300  $\text{cm}^{-1}$  aralığında absorbe olur (Çetinkaya vd., 2024)..

Örneklerde 3600–3000  $\text{cm}^{-1}$  arasında yoğunlaşan bant genişliği, esas olarak sudaki O–H bağlarının gerilmesinden kaynaklanmaktadır. Karbonhidratların C–H gerilmesi (2933  $\text{cm}^{-1}$ ), karboksilik asitlerin O–H gerilmesi ve serbest amino asitlerin  $\text{NH}_3$  gerilmesi, 3000 ile 2800  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki emilim bantlarının nedenleri olarak bilinir. Karbonhidratların C–O gerilmesi, 1632  $\text{cm}^{-1}$ 'deki bandın başlıca sebebi olup, sudaki O–H bağlarının da katkısı bulunmaktadır. O–H gerilme ve bükülme titreşimleri, karbonhidratların C–O ve C–H gerilmesi ve ketonların C–O gerilmesi, 1453 ile 1233  $\text{cm}^{-1}$  aralığındaki bantlarla ilişkilidir. Ayrıca, 1200 ile 1500  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki zayıf bantlar, – $\text{CH}_2$  deformasyonu ile C–C–H ve H–C–O bağlarının açısal deformasyonlarına işaret eder. 1143 ile 918  $\text{cm}^{-1}$  aralığı ise, halka titreşimleri ve karbonhidratların C–O ve C–C gerilmesiyle ilişkilendirilir.

Karbonhidratların anomerik bölgesi, C–H bükülmesi ve genellikle karbonhidratların halka titreşimleri, 874 ile 778  $\text{cm}^{-1}$  aralığında bulunmaktadır. Fruktoz ile ilişkili gerilimler 778  $\text{cm}^{-1}$ , 817  $\text{cm}^{-1}$ , 866  $\text{cm}^{-1}$  ve 1054  $\text{cm}^{-1}$  piklerinde görülür. Ayrıca, 1024  $\text{cm}^{-1}$  üzerindeki pik glikoz kaynaklıdır ve 923  $\text{cm}^{-1}$  ile 989  $\text{cm}^{-1}$  pikleri sakarozdan kaynaklanır.

İncelenen tüm örneklerde fruktoz, glikoz ve sakkaroz oranları birbirine yakın olduğu için FTIR spektrumlarında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Yalnızca konsantrasyona bağlı olarak pik yüksekliklerinde değişiklikler tespit edilmiştir. Örneklerin FTIR spektrumları Ek 1-26'da ve spektrumların zirve değerleri Tablo 12'de yer almaktadır.

FTIR spektrumlarına ait excelde düzenlenen grafikler şekil 35 ve 36 verilmiştir ve ayrıca her örneğe ait EK 1-26' da verilmiştir. Burada spektrumlar birbirlerinden ayrı oldukları gözle görülmektedir. Özellikle Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) verilerini kullanan kemometri, gıda analizinde güçlü bir araçtır. SIMCA (Soft Independent Modeling of Class Analogy) bu amaçla yaygın olarak kullanılan yazılım paketlerinden biridir.

Tablo 12. Sumak ekşisi örneklerine ait FTIR spektrumlarındaki tepe noktaları

|            |                                                    |                                                    |
|------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>N1</b>  | 3272.48 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1075.38 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |
|            | 2930.16 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1017.33 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |
|            | 1642.89cm <sup>-1</sup> C-O gerilimleri            | 921.94 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1359.98 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri | 558.90cm <sup>-1</sup>                             |
|            | 1147.31 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
|            | 1104.52 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
| <b>N2</b>  | 3272.97 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 594.74 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1638.45 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              |                                                    |
|            | 1033.15 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
| <b>N3</b>  | 3293.10 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1015.80 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |
|            | 2928.41 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 922.65 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1644.12 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 846.06 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1360.28 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri | 758.93 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1146.84 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         | 556.22 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1103.83 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
|            | 1074.79 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
| <b>N4</b>  | 3293.24 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 818.19 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1642.84 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 777.22 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1344.81cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri  | 590.87 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1231.22 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri |                                                    |
|            | 1030.15 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
| <b>N5</b>  | 3272.80 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1075.80 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |
|            | 1639.04 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 1018.81 C-O, C-C gerilimi                          |
|            | 1359.54 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri | 923.00 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1147,71 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         | 573.81 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1105.67 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
| <b>N6</b>  | 3272.05 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 627,61 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1634.76 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              |                                                    |
|            | 1346.68cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri  |                                                    |
|            | 1031.04 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
| <b>N7</b>  | 3293.35 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 818.48 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1642.99 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 777.19 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1416.35cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri  | 587.90 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1029.75 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
| <b>N8</b>  | 3368.78 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1105.29 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |
|            | 1715.41 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 637.45 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1636.84cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi               |                                                    |
|            | 1227.09 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri |                                                    |
| <b>N9</b>  | 3294.85 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1230.72 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri |
|            | 2924.54 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1030.35 C-O, C-C gerilimi                          |
|            | 1717.65cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi               | 818.55 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1643,72 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 777.64 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1416.98 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri | 585.81 cm <sup>-1</sup>                            |
| <b>N10</b> | 3292.82 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 818.35 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1643.55 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 777.04 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1416.49 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri | 584.36 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1029.85 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
| <b>N11</b> | 3272.50 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1105.10 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |
|            | 2929.91 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 1075.27 C-O, C-C gerilimi                          |
|            | 1643.38 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 117.22 C-O, C-C gerilimi                           |
|            | 1360.12cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri  | 923.37 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1147,18 C-O, C-C gerilimi                          | 572.06 cm <sup>-1</sup>                            |
| <b>N12</b> | 3387.15 cm <sup>-1</sup> O-H bağları               | 880.58 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1709.63 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi              | 790.98 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi              |
|            | 1202.77 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri | 595.93 cm <sup>-1</sup>                            |
|            | 1106.29 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |
|            | 1040.73 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi         |                                                    |

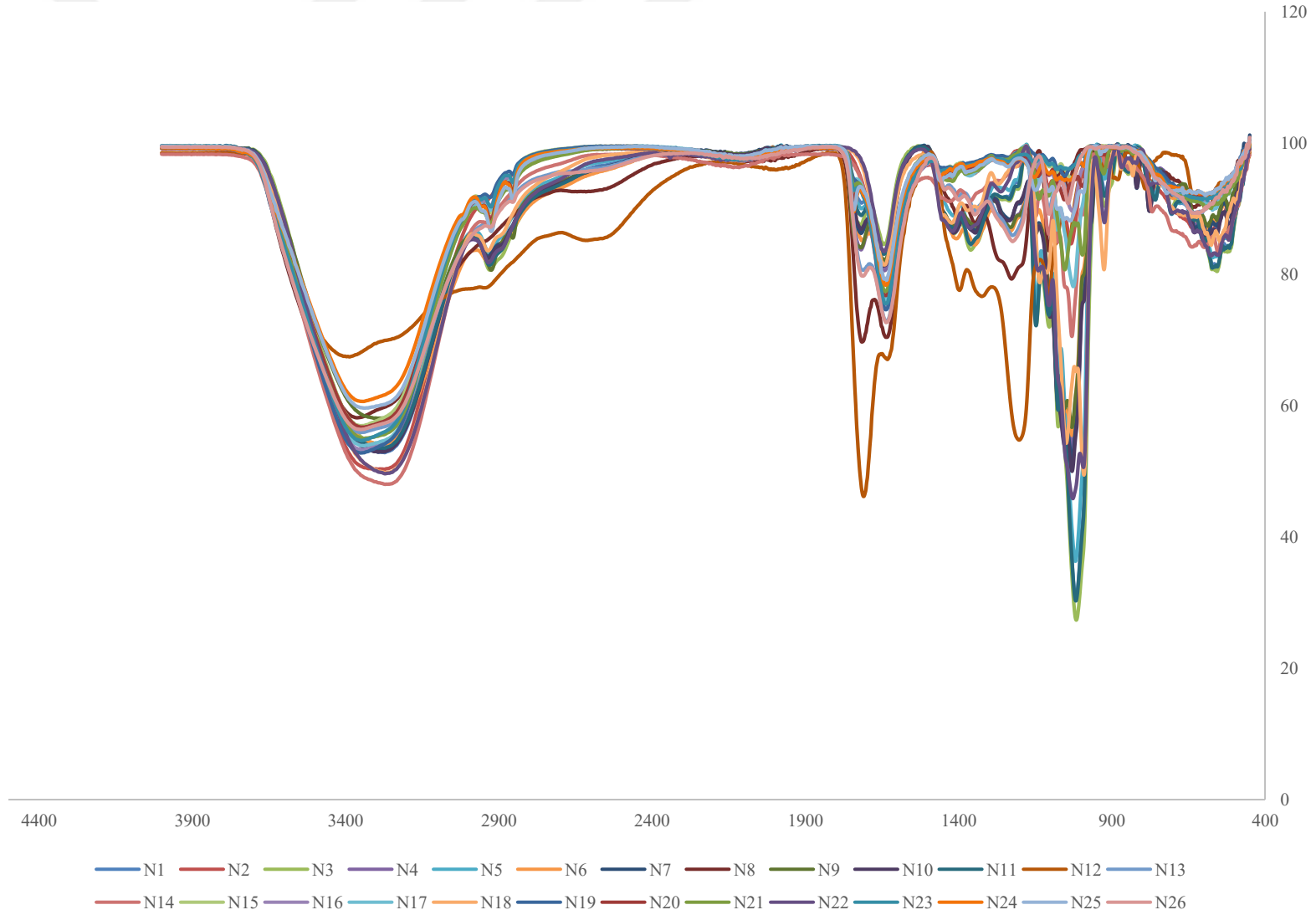
Tablo 12. (Devamı)

|            |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                           |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>N13</b> | 3350.49 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1635.05 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi                                                                                                                                                  | 611.77 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N14</b> | 3271.81 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1639.84 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi                                                                                                                                                  | 555.91 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N15</b> | 3387.15 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1709.63 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi<br>1202.77cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri<br>1106.29 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi<br>1040.73 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi | 880.58cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi<br>790.98cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi<br>595.93 cm <sup>-1</sup>   |
| <b>N16</b> | 3345.26 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1637.84 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi                                                                                                                                                  | 1027.70 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi<br>575.39 cm <sup>-1</sup>                                     |
| <b>N17</b> | 3338.86 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1638.97 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi<br>1025.42 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi                                                                                                    | 571.41 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N18</b> | 3270.73 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1638.97 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi<br>1025.42 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi                                                                                                    | 575.41 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N19</b> | 3350.66 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1642.87 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi<br>1422.61 cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri<br>1056.04 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi                                              | 595.90 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N20</b> | 3339.94 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1637.90 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi<br>1055.02cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri                                                                                             | 579.86 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N21</b> | 3339.25 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1638.97 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi<br>1420.cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri<br>1053.30 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi                                                 | 995.66 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi<br>926.35 cm <sup>-1</sup> C-H bükülmesi<br>575.65 cm <sup>-1</sup> |
| <b>N22</b> | 3271.17 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1643.43 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi                                                                                                                                                  | 574.81 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N23</b> | 3350.93 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1638.27 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi                                                                                                                                                  | 587.82 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N24</b> | 3344.57 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>2924.72 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1637.31cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi                                                                                                           | 591.05 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N25</b> | 3338.32.45 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>2924.30 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1634.38 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi<br>1035.55 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi                                                         | 594.81 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |
| <b>N26</b> | 3339.81 cm <sup>-1</sup> O-H bağları<br>1636.14 cm <sup>-1</sup> C-O gerilimi<br>1223.56cm <sup>-1</sup> O-H, C-O, C-H gerilimleri<br>1104.36 cm <sup>-1</sup> C-O, C-C gerilimi                                               | 615.62 cm <sup>-1</sup>                                                                                   |

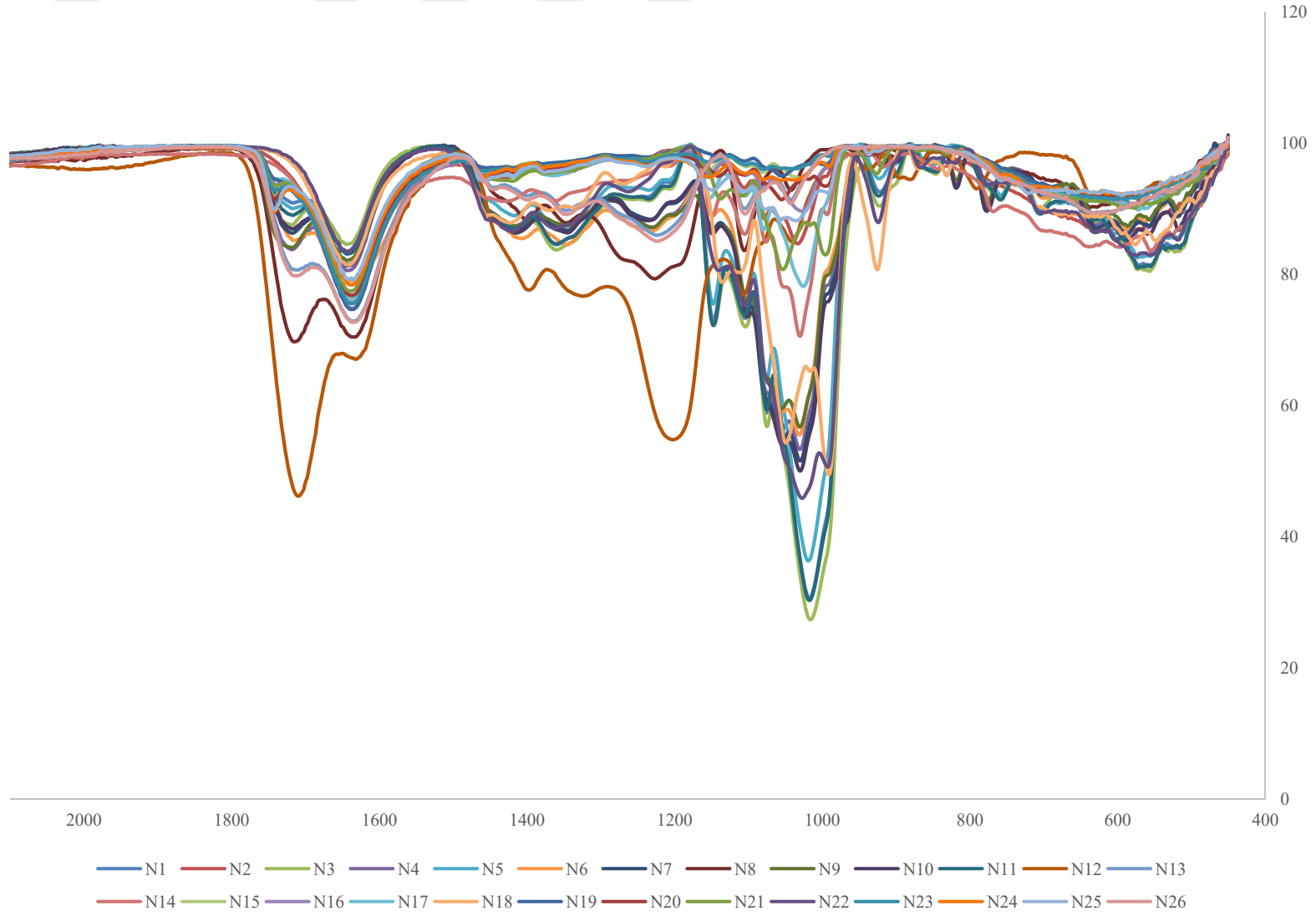
Sumak ekşisinde taşıdığı tespit etmek için FTIR verileri ve SIMCA'nın kullanıldı. Orijinal gıda numunelerinin ve katkılı olduğundan şüphelenilen numunelerin FTIR spektrumlarını toplandı. Verilerdeki değişimi açıklayan bir model oluşturmak için SIMCA'yı kullanıldı. Modeli orijinal numunelerin spektrumlarını kullanarak ve bilinen katkılı numunelerin spektrumlarını kullanarak doğrulandı. Güvenilirliğini ve tahmin

doğruluğunu sağlamak için modeli doğrulandı. Orijinal ve katkılı numuneler arasındaki farkları anlamak için model yorumlandı.

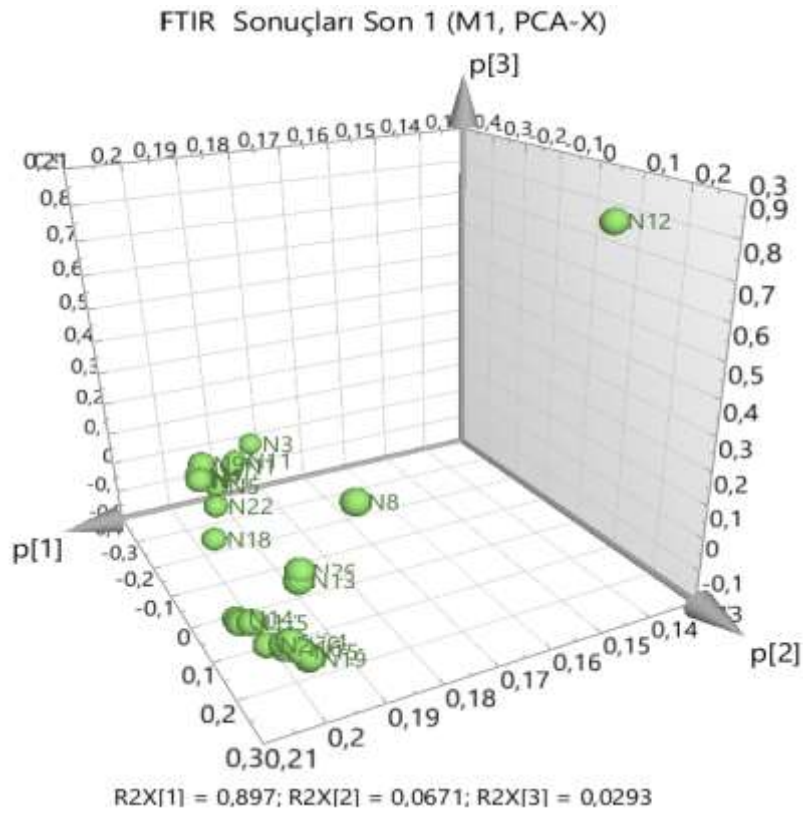




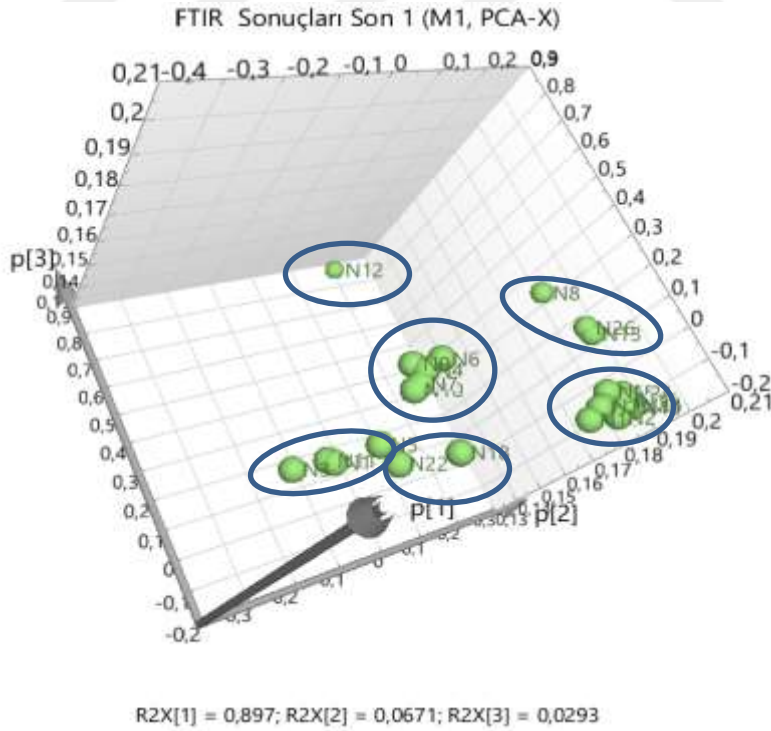
Şekil 35. Örneklerin FTIR analiz spektrumları ( $450\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ )



Şekil 36. Örneklerin FTIR analiz spektrumları (450-2000 cm<sup>-1</sup>)



Şekil 37. Örneklerin FTIR analiz spektrumlarının SIMCA ile 3D görüntüsünün değerlendirilmesi



Şekil 38. Örneklerin FTIR analiz spektrumlarının SIMCA ile 3D görüntüsünün değerlendirmesinin farklı açıdan görüntüsü

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Gıda sektöründe global ekonomi ve ihtiyaç fazlalığından dolayı bazı işlenmiş gıdalar hilelere maruz kalmaktadır. Ticari olarak üretilen şekerler genellikle gıda endüstrisinde kullanılan tatlandırıcı maddelerdir. Bunlar, genellikle beyaz şeker olarak bilinen sukroz gibi temel tatlandırıcılar veya glikoz, fruktoz gibi diğer tatlandırıcılar olabilir. Ticari şekerler, yiyecek ve içeceklerin tatlandırılması, kıvamının düzenlenmesi ve raf ömrünün artırılması gibi çeşitli amaçlarla kullanılır. Bunlar genellikle şeker kamışı veya şeker pancarı gibi bitkilerden elde edilir, ancak son zamanlarda mısır şurubu gibi diğer tatlandırıcılar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari şekerler, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanıldığı için beslenme ve sağlık açısından dikkatli tüketilmesi gereken maddelerdir. Çalışmamızda 12 farklı marka sumak ekşisi ve ticari şekerler(glikoz, fruktoz, invert şeker) ile ürettiğimiz 9 sumak ekşisi ve 2 kontrol örneği ile 26 örneğimiz arasında değerlendirmeler yaptık. Kalite kriter analizleri olan toplam kurumadde, pH, renk, asitlik, HMF, antioksidan kapasite, fenolik kapasite, flavanoid içeriği, toplam şeker içeriği ve FTIR spektroskopi analizleri yapılmıştır.

Yaptığımız çalışmada briks ve şeker oranı arasındaki doğru orantıdan, kullanılan meyve yada ticari şekerler briks seviyesini düşürmüş olabileceğini biliyoruz. Genel olarak Briks değerleri sumak numunelerindeki şeker içeriğini gösterir; hazırlama yöntemine ve kullanılacak meyvenin olgunluğu gibi diğer faktörlere bağlı olarak farklılıklar gözlenmektedir. Çalıştığımız piyasa sumak ekşisi örneklerinin, hazırladığımız örneklerden daha yüksek oranda çıktığını görmekteyiz. Hazırladığımız örnekler en fazla %25 şeker içerirken piyasa örneklerinde bu oranın daha fazla olduğunu tespit ettik.

pH ve asitlik birbirine sıkı sıkıya bağlı kavramlardır. pH, bir sıvının asitlik veya bazlık derecesini ölçen bir ölçüdür. Asitlik ise bir sıvının asit olma özelliğidir. Meyve ve sebzelerde olgunlaşma artarken şeker oranı artıp, asitliğinin azalması görülür. Gıdaların bozulması sırasında metabolik yan ürünler açığa çıkıp asitliği etkileyen sebeplerdendir. Çalışmamızda en yüksek Asidik N12 örneğinde görülürken, en düşük asidikliği N2 piyasa örneğinde gördük. Hazırladığımız örneklerin asitlik seviyesi piyasa örneklerinden düşük çıkmıştır.

Sumak ekşisi örneğinde en yüksek HMF değeri N11 piyasa örneğimizde çıkarken, en düşük değer N12 piyasa örneğinde görülmüştür. Piyasa örnekleri, hazırladığımız örneklere oranla yüksek değerden çıkmıştır. HMF oluşumunun ısı işlem ile doğru orantılı

olup, karamelizasyon dediğimiz sistemden ibarettir. Örnekler arasındaki bu farklılıklar ısıtma işlemi ve hammadde ile nitelendirilebilir.

Sumak ekşisi örneklerinde şeker değerlerini incelediğimizde fruktoz değeri piyasa örneklerinden N7 örneğinde görülürken, en düşük fruktoz değeri N1 piyasa örneğinde görülmüştür. Hazırladığımız örneklerle oranla, piyasa örnekleri yüksek değer çıkmıştır. Sumak ekşisi ile yaptığımız glikoz çalışmasında piyasa örneğinden N7 tespit edilirken, hazırladığımız örneklerden de N17(%25 Glikoz + %75 Sumak Ekşisi) de görülmüştür. Sumak ekşisiyle alakalı bir yasal limit olmamasına özgün, bazı piyasa örneklerinin benzer çalışmalarda yasal glikoz oranına uymadığını görmekteyiz. Sakkaroz sonuçlarında en yüksek değer N7 piyasa örneğinde olurken, en düşük değer N4 piyasa örneğinde görülmüştür. Bazı piyasa örneklerinin yasal sınırı aştığını belirledik.

Sumak ekşisi analizlerimizde en yüksek toplam antioksidan kapasitesi N11 piyasa örneğimizdedir. DPPH metoduna göre en yüksek serbest radikal temizleme aktivitesi N6 piyasa örneğimizdedir. ABTS radikal katyonu süpürücü etki metoduna göre en yüksek N17 ürettiğimiz sumak ekşisi örneğidir. Toplam demir indirgeme kapasitesi FRAP metoduna göre en yüksek kapasite N5 piyasa örneğinde belirledik.

Sumak ekşisi örneklerinin renk değerlerine bakıldığında parlaklık değeri olan L\* değerinin arasında değer olarak çok bir farklılık gözükmemekte. L\* değeri 13-41 aralığındadır. Kırmızılık ölçütü olan a\* değerinin ise sumak ekşisi örneklerinde beklenildiği doğrultuda sonuç verdiği görülmektedir. N1 Piyasa örneğinde kırmızılık değeri en yüksektir. Sarılık ölçütü olan b\* değerinin ise N2 piyasa örneğinde en yüksek görülmüştür.

PCA analizi kullanılarak yapmış olduğumuz bu kemometrik yaklaşımda Fiziksel, Kimyasal analizler, TFK, TFLK, TAK, DPPH, ABTS ve FRAP analizleri taşışın belirlenmesinde kullanılabileceği ortaya konmuştur. Bu kemometrik yaklaşımla piyasadan toplanan 12 adet sumak ekşisi örneğinden sadece 1 adedi uygun çıkmıştır.

Bu çalışma, FTIR spektrumları ve denetimli sınıflandırma algoritmalarının (PCA ve SIMCA) kombinasyonu kullanılarak, saf ve katkılı sumak ekşisi örnekleri başarılı bir şekilde sınıflandırıldığını görülmektedir. Sonuçlar, her iki yöntemin de sumak ekşisi taşışın etkili bir şekilde tahmin ettiğini gösterdi. Ancak PCA yöntemi bir sınıflandırma yöntemi olarak SIMCA'ya fizikokimyasal analizler ve antioksidan analizleri kullanıldı. SIMCA analizinde ise örneklerin FTIR analiz sonuçları kullanıldı. Her iki yöntemde sumak ekşilerinde taşışın tespit edilmiştir. SIMCA yüksek hız, basitlik ve tahribatsız yapısı, önerilen yöntemin önemli avantajlarıdır. Dolayısıyla bu kemometrik yöntem

yoluyla sumak ekşisinde tağşışın tespiti ve sınıflandırılması için güçlü bir araç olarak kullanılabilir.



## KAYNAKÇA

- Abu-Reida, I. M., Jamous, R. M. ve Ali-Shtayeh, M. S. (2014). Phytochemistry, pharmacological properties and industrial applications of *Rhus coriaria* L.(Sumac). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 147(1573), 1-12.
- Ahmed, D., Khan, M. M. ve Saeed, R. (2015). Comparative Analysis of Phenolics, Flavonoids, and Antioxidant and Antibacterial Potential of Methanolic, Hexanic and Aqueous Extracts from *Adiantum caudatum* Leaves, *Antioxidants*, 4(2), 394-409.
- Akbari, B., Baghaei-Yazdi, N., Bahmaie, M. ve Mahdavi Abhari, F. (2022). The role of plant-derived natural antioxidants in reduction of oxidative stress. *BioFactors*, 48(3), 611-633.
- Allı, B. (2018). *Sumak Ekşisinden Elde Edilen Malik Asit Kalsiyum Kompleksinin Yapısal Karakterizasyonu Ve Retina Hücresinde Hidrojen Peroksit İle Oluşturulan Hücre Hasarında Koruyucu Rolünün Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye*
- Anonymous, 2019a. Report on The Food Crisis, Fraud in The Food Chain and The Control <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A720130434&format=PDF&language=EN>
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., ve Özyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12(7), 1496-1547.
- Ashurst, P. R. (2016). Fruit juices. In *Food Flavours* (pp. 87-114). Boston, MA: Springer US.
- Aversa, R., Petrescu, R. V., Apicella, A. ve Petrescu, F. I. (2016). One can slow down the aging through antioxidants. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(4). 1112-1126
- Aykas, D.P., Sinir, G.O. ve Borba, K.R (2023). Determination of quality traits and possible adulteration of molasses using FT-IR spectroscopy: A study from Turkish market. *J Food Chemistry*, 427, 136727, 1-10.

- Baltacı, C. ve Aksit, Z. (2016). Validation of HPLC method for the determination of 5-hydroxymethylfurfural in Pestil, Kome, Jam, Marmalade and Pekmez. *Hittite J Sci Eng*, 3(2):91–97
- Başoğlu, F. ve Cemeroğlu, B. (1984). Sumak'ın Kimyasal Bileşimi Üzerine Araştırma. *Gıda*, 84,167- 172.
- Brunke, E. J., Hammerschmidt, F. J., Schmaus, G. ve Akgül, A. (1993). The essential oil of *Rhus coriaria* L. fruits. *Flavour and fragrance journal*, 8(4), 209-214
- Capuano, E. ve Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT-food science and technology*, 44(4), 793-810.
- Chartrand, M. M. ve Mester, Z. (2019). Carbon isotope measurements of foods containing sugar: a survey. *Food chemistry*, 300, 125106, 1-8.
- Çalışkan, G. (2011). *Sumak Ekstraktı Tozu Eldesi. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir. 137.*
- Çetinkaya, T., Karacaoğlu V. ve Oğuzkan, S. (2024). Kastamonu yöresinde üretilen göknar kozalak pekmez ve sıvı şuruplarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması, *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(3), 685-695.
- Çığ, E. (2008). *Avrupa Birliği'nde Gıda Kontrolü Uygulamaları ve Türk Gıda Kontrol Sisteminin AB'ye Uyumu, Tarım ve Orman Bakanlığı, AB Uzmanlık Tezi, Ankara, s.148*
- Çıtırık, A. (2008). *Taklitçilik ve taklitçiliğin ekonomiye etkisi. Türk Patent Enstitüsü Markalar Dairesi Başkanlığı, Uzmanlık Tezi, 125s. Ankara.*
- Çoban, E. Ö. ve Patır, B. (2010). Derleme Antioksidan Etkili Bazı Bitki ve Baharatların Gıdalarda Kullanımı, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 5: 7-19.
- Demchik, S., Rajangam, A. S., Hall, J., Singsaas, E., (2015). Fatty Acids, Carbohydrates and total proteins of wild sumac (*Rhus typhina* L.) drupes from the upper Midwest of the United States. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*. s3
- Doğan, M. ve Akgül, A. (2005). Characteristics and Fatty Acid Composition of *Rhus coriaria* Cultivars from Southeast Turkey, *Chem. Nat. Comp.*, 41:724-725.
- Faten, Y.I. El-Shehaw, M. (2013). The antimicrobial and antioxidant effects of aqueous thyme and sumac extracts in refrigerated minced beef meat. *J Product & Dev*, 18(1), 23 35.
- Gaby, A. ve R. (2005). Adverse effects of dietary fructose. *Alternative medicine review*, 10(4), 294.

- Gundewadi, G., Reddy, V. R. ve Bhimappa, B. B. (2018). Physiological and biochemical basis of fruit development and ripening-a review. *Journal of Hill Agriculture*, 9(1), 7-21.
- IHC, (2009). International Honey Comission, 2009 (<http://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>)
- Işıklı, M. (2023). *Sumaktan Farklı Ekstraksiyon Metotları İle Oleoresin Eldesi Ve Bazı Biyolojik Aktivitelerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye*
- Jaeger, H., Janositz, A. ve Knorr, D. (2010). The Maillard reaction and its control during food processing. The potential of emerging technologies. *Pathologie biologie*, 58(3), 207-213.
- Kasangana, P. B., Haddad, P. S.ve Stevanovic, T. (2015). Study of polyphenol content and antioxidant capacity of *Myrianthus arboreus* (Cecropiaceae) root bark extracts. *Antioxidants*, 4: 410–426.
- Kızıl, S. ve Turk, M. (2010). Microelement contents and fatty acid composition of *Rhus coriaria* L. and *Pistacia terebinthus* L. Fruits Spread Commonly in the South Eastern Anatolia Region of Turkey, *Natural Product Research*, 24: 92-98.
- Koşar, M., Bozan, B., Temelli, F., Başer, K. H. (2002). Sumak (*Rhus coriaria*)'ın fenolik bileşikleri ve antioksidan etkileri. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir.
- Lee, H. S. ve Nagy, S. (1990). Relative reactivities of sugars in the formation of 5-hydroxymethyl furfural in sugar-catalyst model systems. *Journal of Food Processing and Preservation*, 14,171-178.
- Li, X., Cheng, X., Yang, J., Wang, X. ve Lü, X. (2022). Unraveling the difference in physicochemical properties, sensory, and volatile profiles of dry chili sauce and traditional fresh dry chili sauce fermented by *Lactobacillus plantarum* PC8 using electronic nose and HS-SPME-GC-MS. *Food Bioscience*, 50, 102057.
- Manning, L. ve Soon, J., (2016). Food Safety, Food Fraud, and Food Defense: A Fast Evolving Literature. *Journal of Food Science*, 81(4), 823-834.
- Mathew, B. B., Tiwari, A. ve Jatawa, S. K. (2011). Free radicals and antioxidants: A review. *Journal of Pharmacy Research*, 4(12), 4340-4343.
- Nayebpour, N. ve Asadi-Gharneh, H. A. (2019). Variability of fatty acids composition of wild sumac (*Rhus coriaria* l.) fruit. *Journal of Medicinal Plants*, 18(71), 118-129.
- OGM. (2020). Sumak Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi, Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Verileri, Ankara.

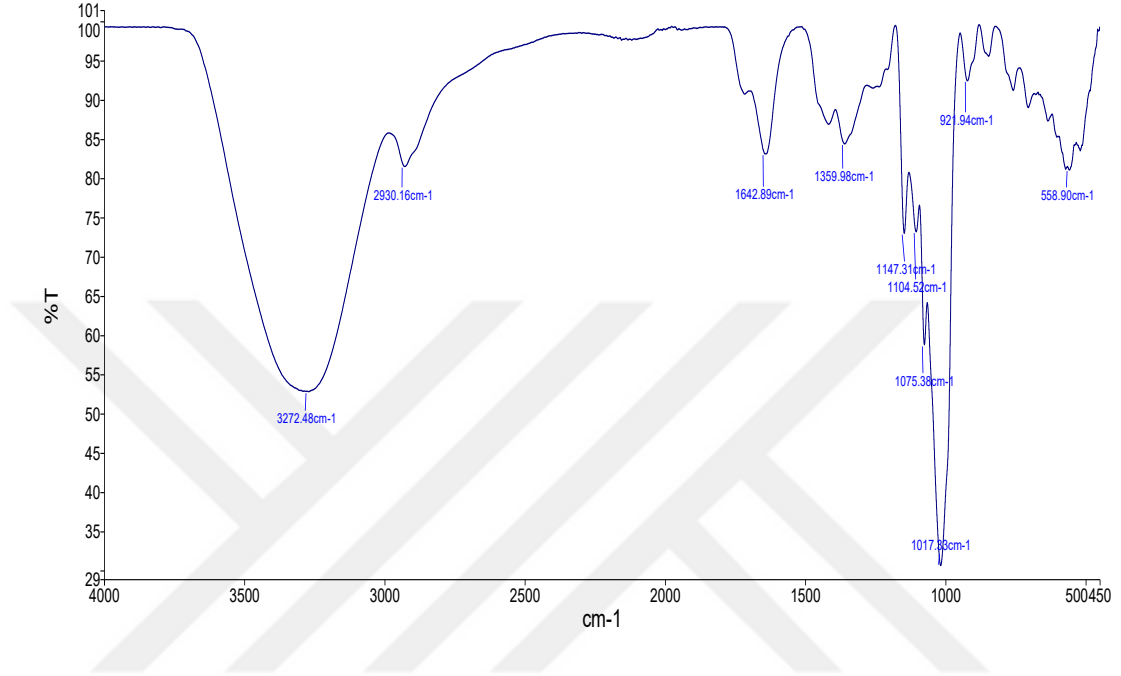
- Oğul, T. E., Belbez, E., Keyik, Ş., Ercioğlu, E. ve Dayioğlugil, Z. (2019, November). Ultrasound Applications for Surface Cleaning In Dairy Industry. In *1 st International/11 th National Food Engineering Congress* (p. 106).
- Ozkanli, O., & Tekin, A. R. (2008). Rheological behaviors of sumac concentrate. *International Journal of Food Properties*, 11(1), 213-222.
- Ölmez , Z., Temel , F., Göktürk , A. ve Yahyaoglu , Z. (2007). Effects of sulphuric acid and cold stratification pretreatments on germination of pomegranate seeds, *Asian Journal of Plant Sciences*, 6 (2), 427 -430.
- Özcan, M. ve Haciseferoğulları, H. (2004). Acondiment Sumac (*Rhus coriaria* L.) fruits: some physico-chemical properties, *Bul. J. Plant Physiol*, 30(3- 4):74-84
- Pellegrini, N., Serafini, M., Salvatore, S., Del Rio, D., Bianchi, M. ve Brighenti, F. (2006). Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Molecular nutrition & food research*, 50(11), 1030-1038.
- Quek, Y.S., Chok, N.K., Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders, *Chem Eng Process*, 46: 386–392.
- Rayne, S., & Mazza, G. (2007). Biologicalactivities of extracts from sumac (*Rhus* spp.): a review, *Plant foods for human nutrition*, 62(4), 165-175
- Shahidi, F., Janitha, P. K. ve Wanasundara, P. D. (1992). Phenolic antioxidants. *Critical reviews in food science & nutrition*, 32(1), 67-103.
- Shaikh, J., Bhosale, R. ve Singhal, R.S. (2006). Microencapsulation of black pepper oleoresin, *Food Chem.* 94, 105–110.
- Sigman-Grant, M. ve Morita, J. (2003). Defining and interpreting intakes of sugars. *The American journal of clinical nutrition*, 78(4), 815S-826S.
- Tanker, N., Coşkun, M., Koyuncu, M. (2007). Farmasötik Botanik, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Tenekeci, O., (2016). *Gıda endüstrisinde uygulanan taklit, tağşiş ve hileler; kavrulmuş iç yerfıstığı örneği. Hataya Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 80s.Hatay*
- Tiryaki, G. Y. (2010). Kahramanmaraş ilinde üretilen simgesel geleneksel bir ürün: sumak ekşisi, *Gıda Mühendisliği Dergisi* 31, 54-60.
- Tosun, M., Keleş, F. (2012). Testing methods for mulberry pekmez adulterated with different sugar syrups. *Akademik Gıda* 10(1), 17-23.
- TS 1125,2002. Meyve Ve Sebze Ürünleri- Titrasyon asitliği tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara .

- TS 1466, Türk Standartlar Enstitüsü Domates Salçası Ve Domates Püresini Tebliği. Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü
- TS 1728 ISO 1842, 2001. Meyve ve Sebze Ürünleri- pH Tayini, Türk Standartları Enstitüsü
- TS 2104, 1975. Türk Standartlar Enstitüsü kimyasal analizlerde kullanılan belirteç çözeltilerini ve bu çözeltilerin hazırlanma yöntemlerini Tebliği. Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü.
- TS 3880, 2002. . Türk Standartlar Enstitüsü Öğütülmüş Sumak Tebliği. Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü.
- TS 545, 2020. Türk Standartlar Enstitüsü Yalnız Volumetrik Analizlerde Kullanılan Genel Ayarlı Çözeltilerin Hazırlanma Metodları Tebliği. Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü.
- TS ISO 3696,1996. Türk Standartlar Enstitüsü inorganik kimyasal maddelerin analizi için laboratuvarında kullanılan üç sınıf suyun özelliklerini ve bunlara karşılık gelen deney Tebliği. Ankara: Türk Standartlar Enstitüsü
- Tyl, C. ve Sadler, G. D. (2017). pH and titratable acidity. *Food analysis*, 389-406.
- Ukwo, S. P., Udo, I. I. ve Ndaeyo, N. (2022). Food additives: overview of related safety concerns. *Food Sci Nutr Res*, 5(1), 1-10.
- Urminská, D., Haring, N., Fábry, V. ve Urminská, J. (2022). Fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols and their role in food digestion. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 11(4), 5521-e5521.
- Ünver, A.( 2006). *Sumak (Rhus coria ria L.) Meyvelerinden Oleorezin Üretimi Üzerine Araştırma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.*
- Willcox, J. K., Ash, S. L. ve Catignani, G. L. (2004). Antioxidants and prevention of chronic disease. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(4), 275-295.
- Wojdyło, A., Teleszko, M. ve Oszmiański, J. (2014). Physicochemical characterisation of quince fruits for industrial use: Yield, turbidity, viscosity and colour properties of juices. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(8), 1818-1824.
- Yaman, N. (2019) *Dut, Keçiboynuzu ve Üzüm Pekmezlerine Glukoz Şurubu Katılarak Yapılan Tağşişin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi İle Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.*

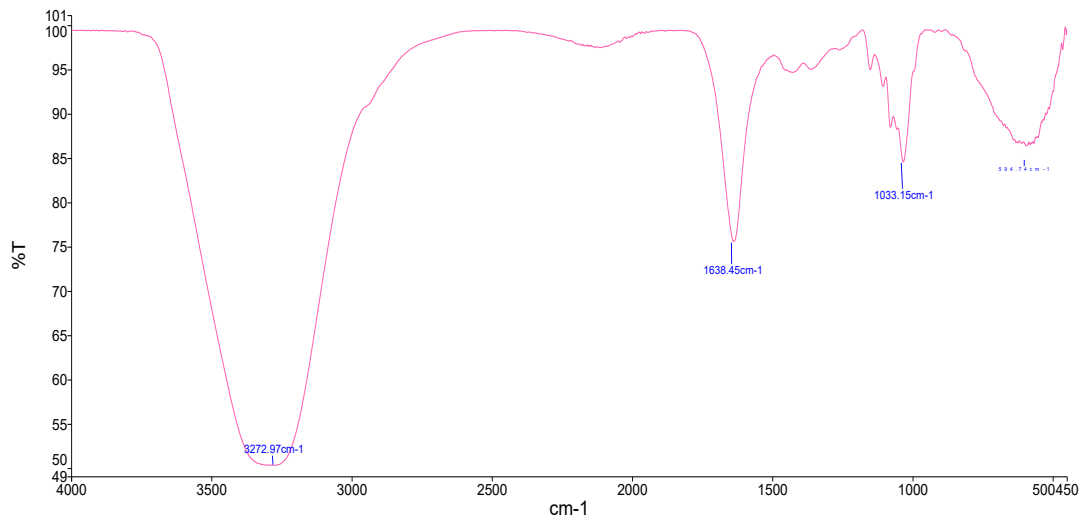
- Yeğın, S. Ç. (2017). Farklı yörelere ait sumak (*Rhus Coriaria* L.) ekşisinin antioksidan kapasitesinin belirlenme *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 35-39.
- Yılmaz, H. (1994). *Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Ballarının Kimyasal Bileşimlerinin Araştırılması (Doktora Tezi)*. Atatürk Üniv. Fen Fak. Kimya Bölümü, Erzurum
- Yılmaz, M. (2012). *Pekmez ve pekmeze benzer gıdalarda taklit, tağşiş ve coğrafi köken tayini araştırması. Kısaltılmış doktora tezi. İstanbul Sanayi Odası, İstanbul.*
- Yılmaz, M. A. (2020). Simultaneous quantitative screening of 53 phytochemicals in 33 species of medicinal and aromatic plants: A detailed, robust and comprehensive LC–MS/MS method validation. *Industrial Crops and Products*, 149, 112347.
- Zhang, S., Lachance, B. B., Mattson, M. P. ve Jia, X. (2021). Glucose metabolic crosstalk and regulation in brain function and diseases. *Progress in neurobiology*, 204, 102089.

## EKLER DİZİNİ

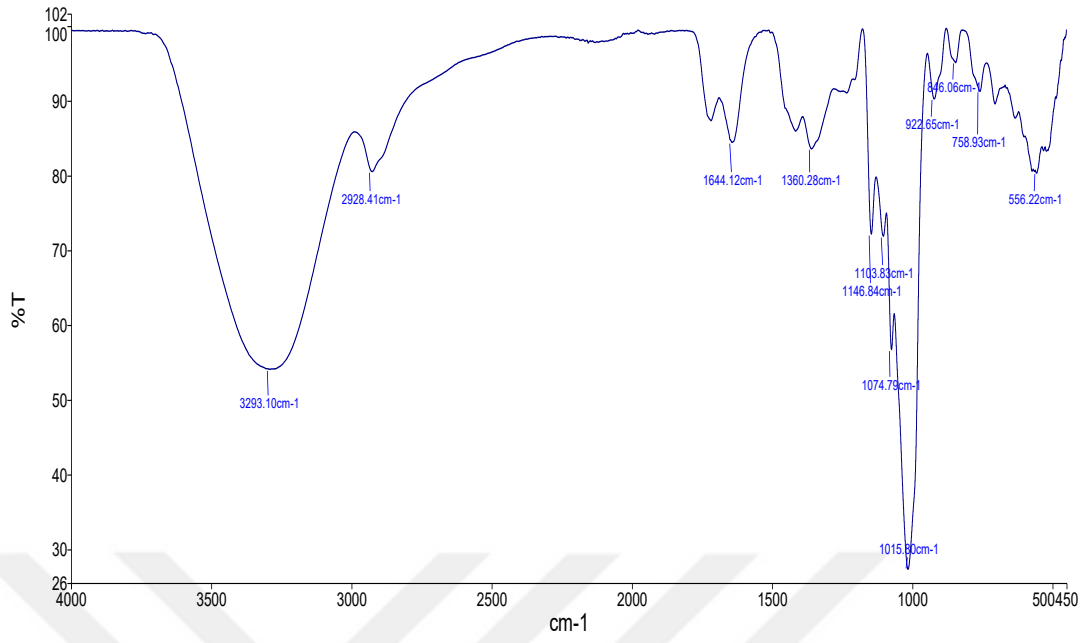
Ek 1. N1 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



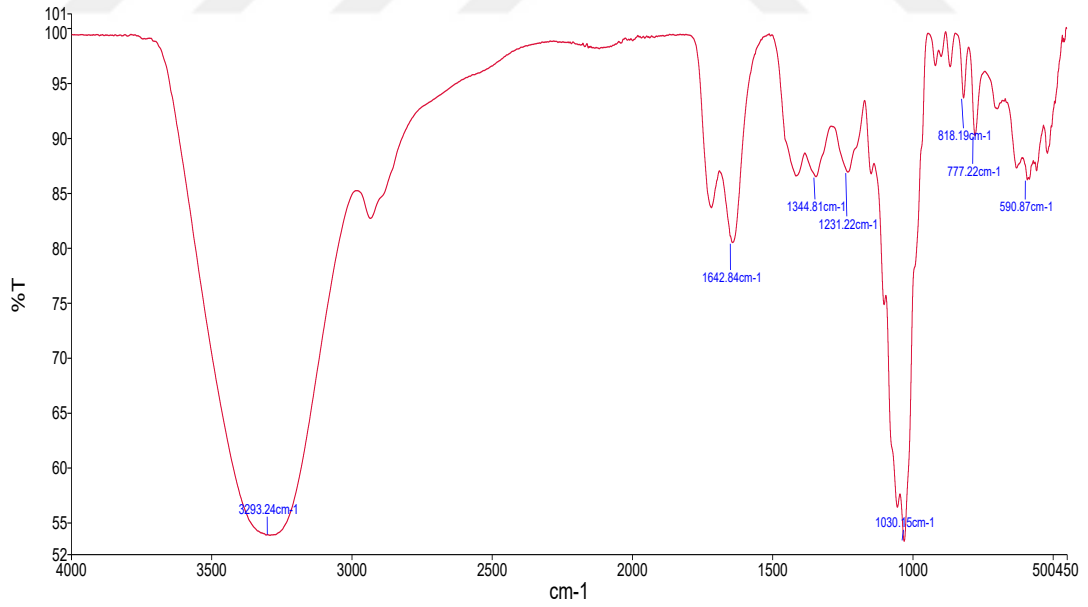
Ek 2. N2 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



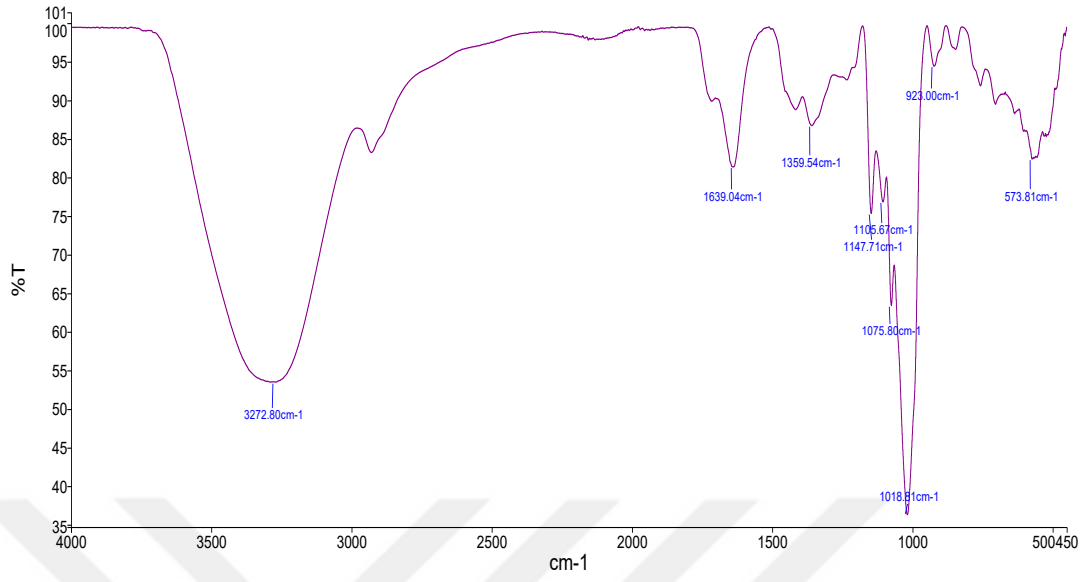
### Ek 3. N3 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



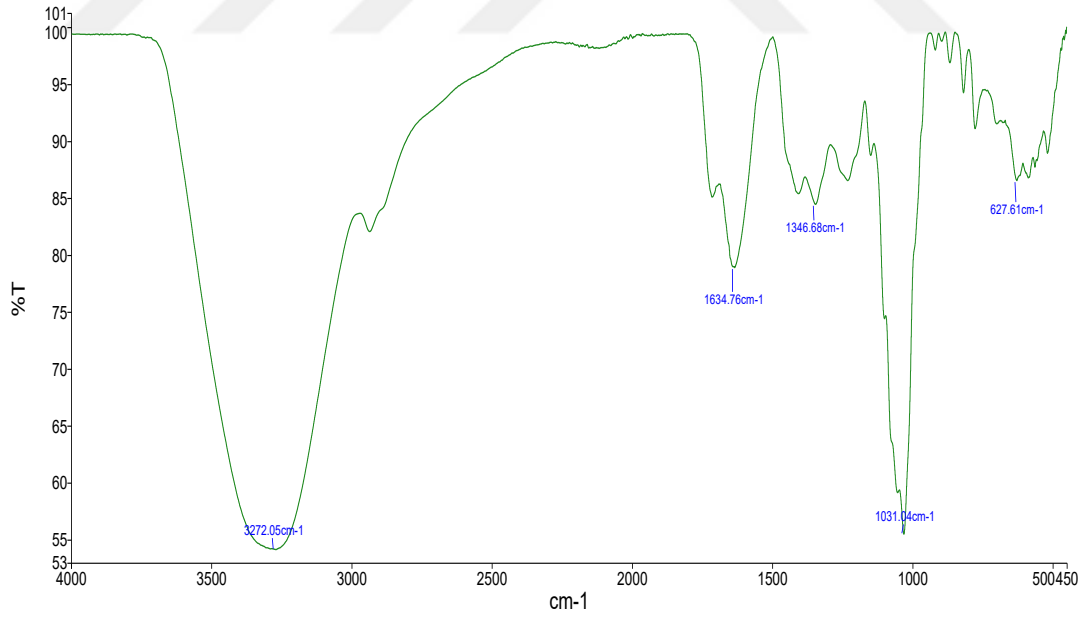
### Ek 4. N4 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



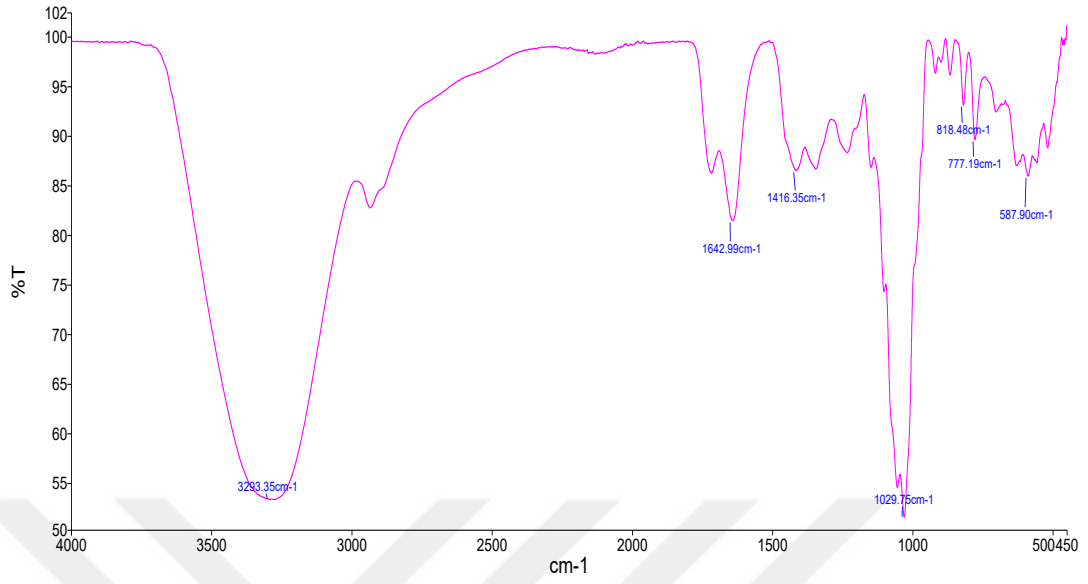
### Ek 5. N5 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



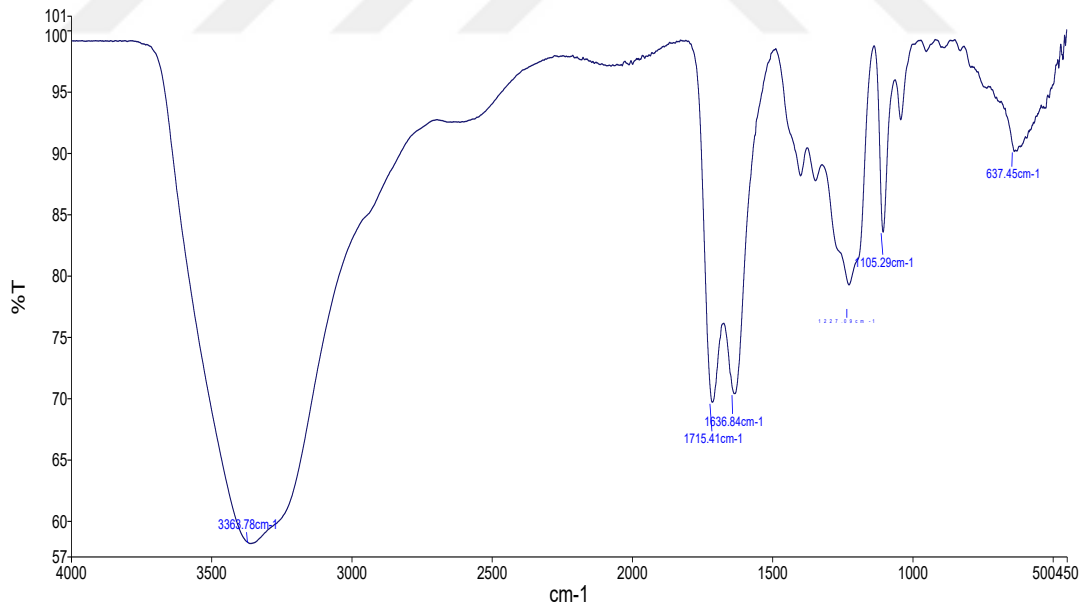
### Ek 6. N6 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



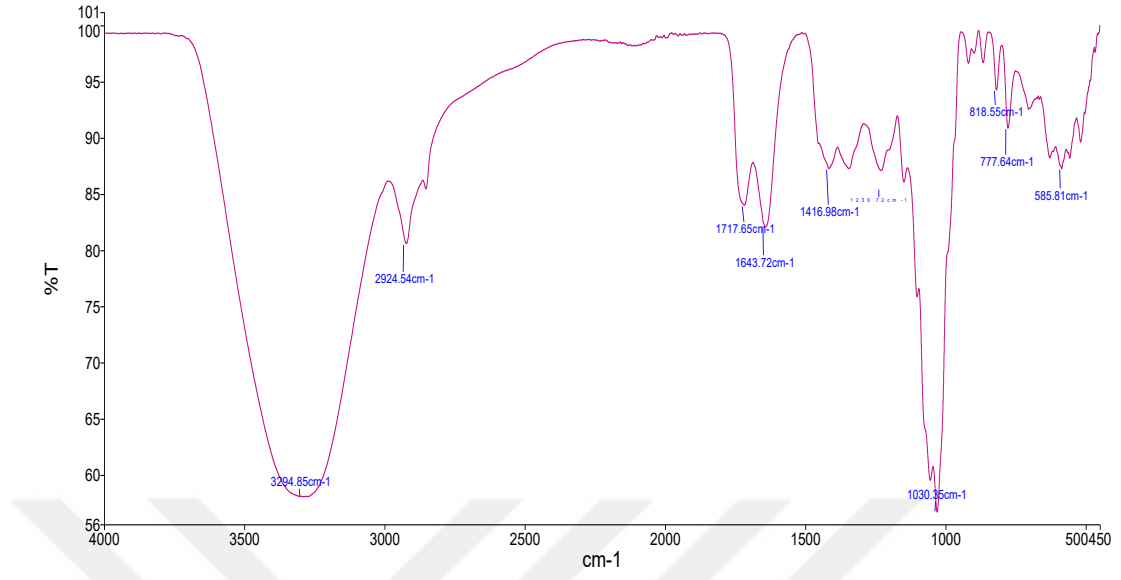
### Ek 7. N7 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



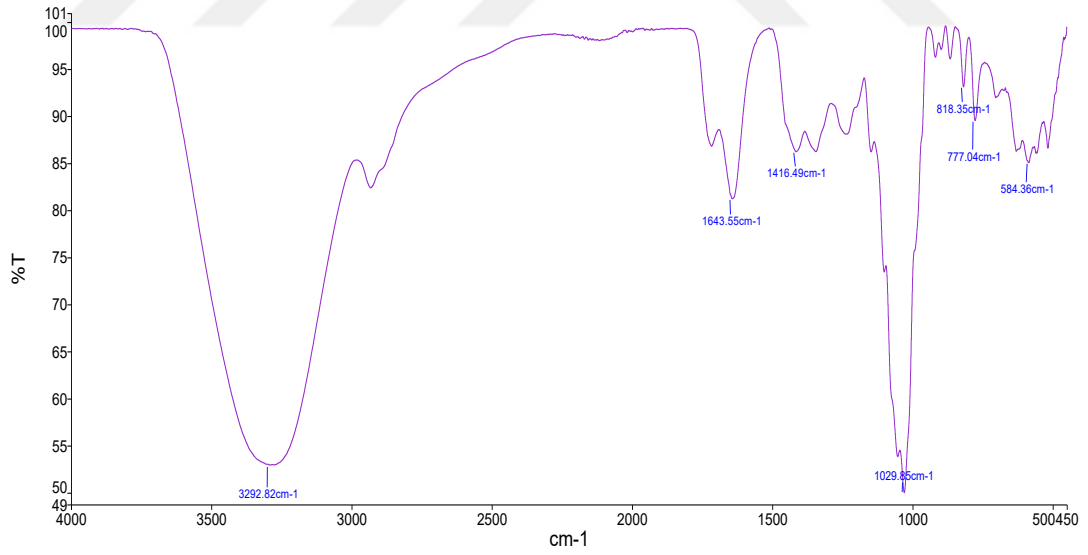
### Ek 8. N8 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



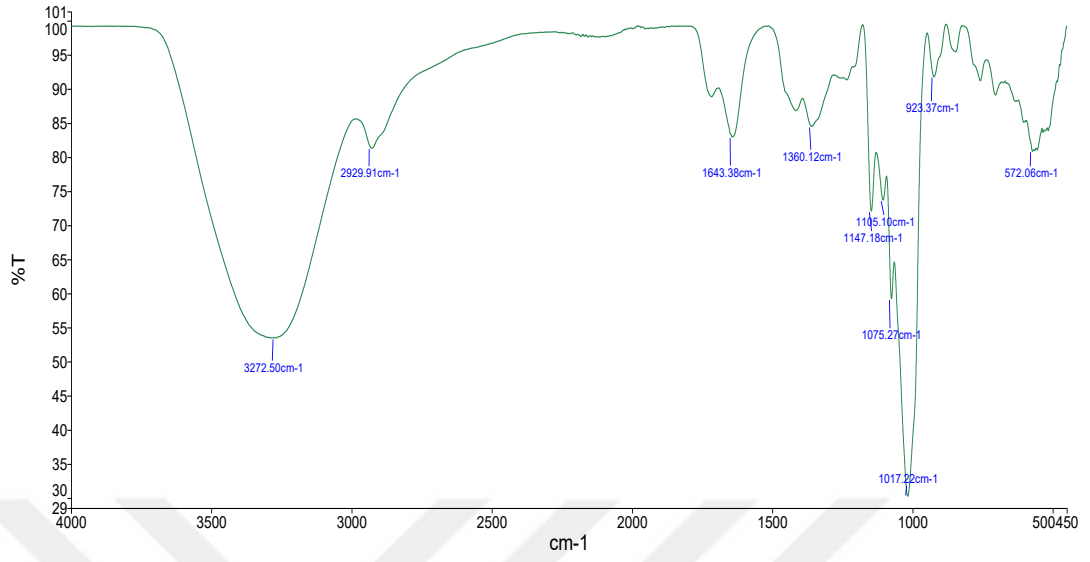
### Ek 9. N9 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



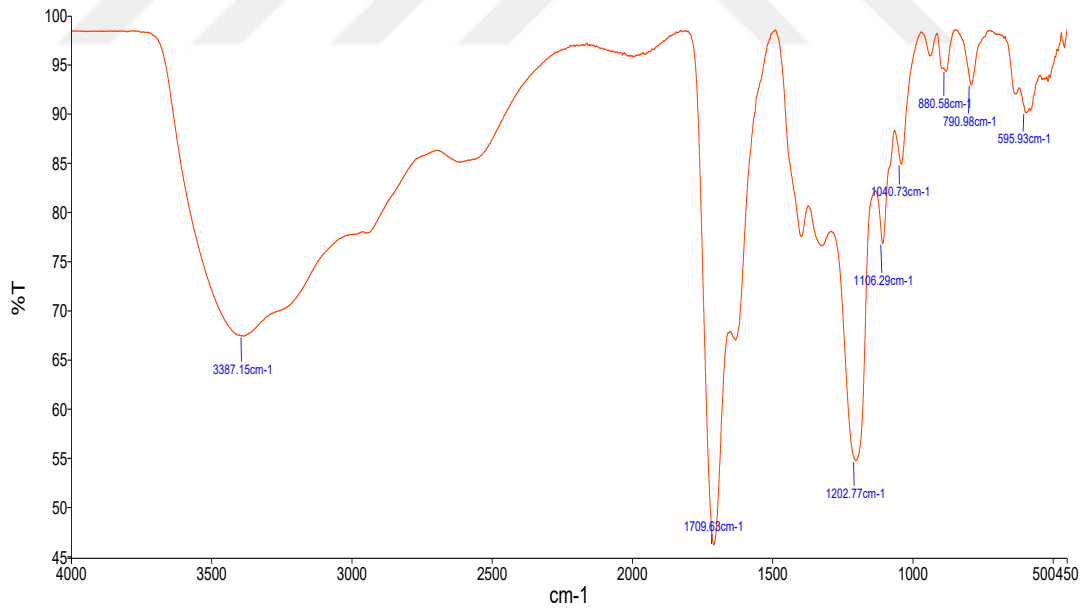
### Ek 10. N10 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



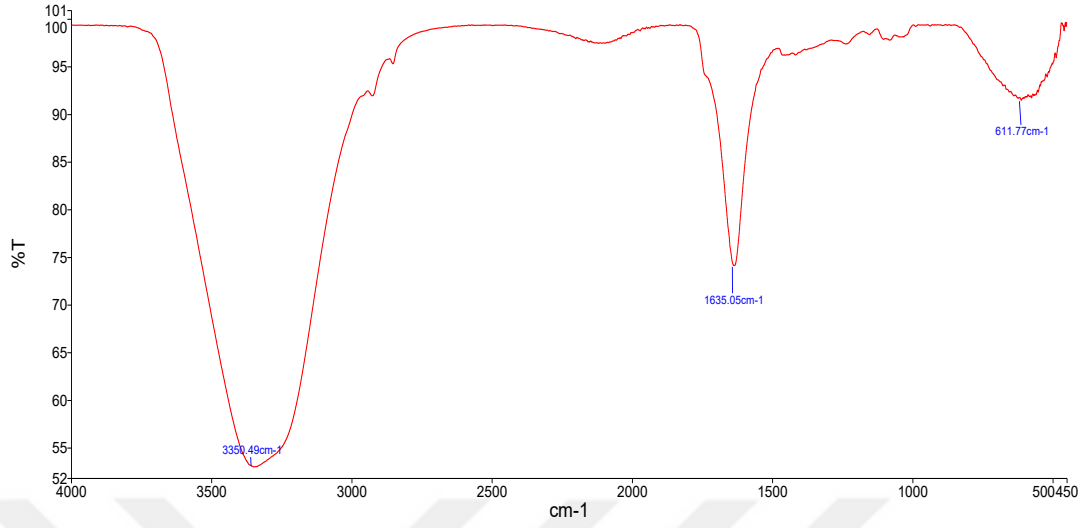
Ek 11. N11 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



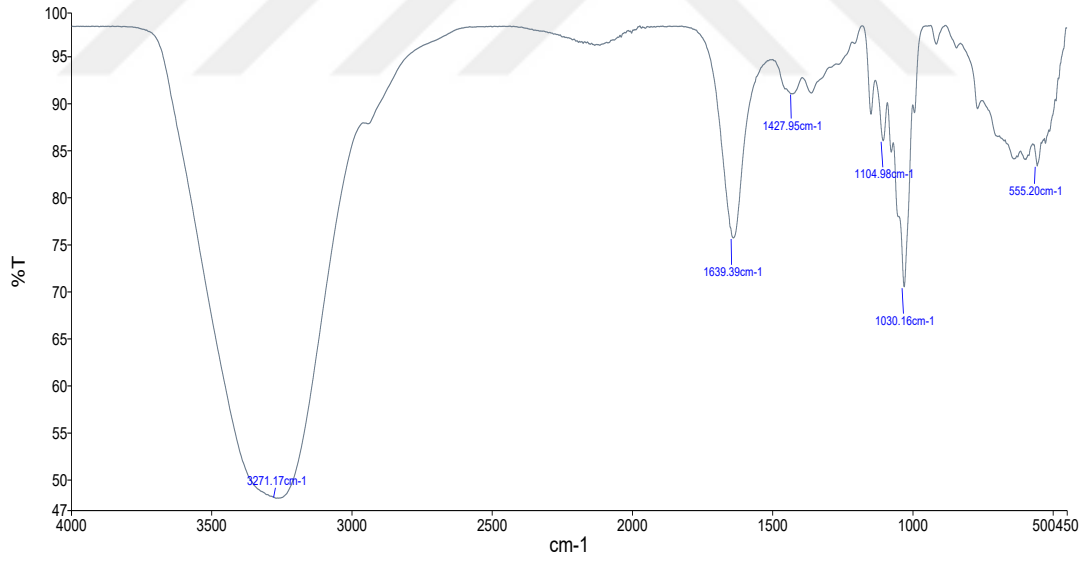
Ek 12. N12 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



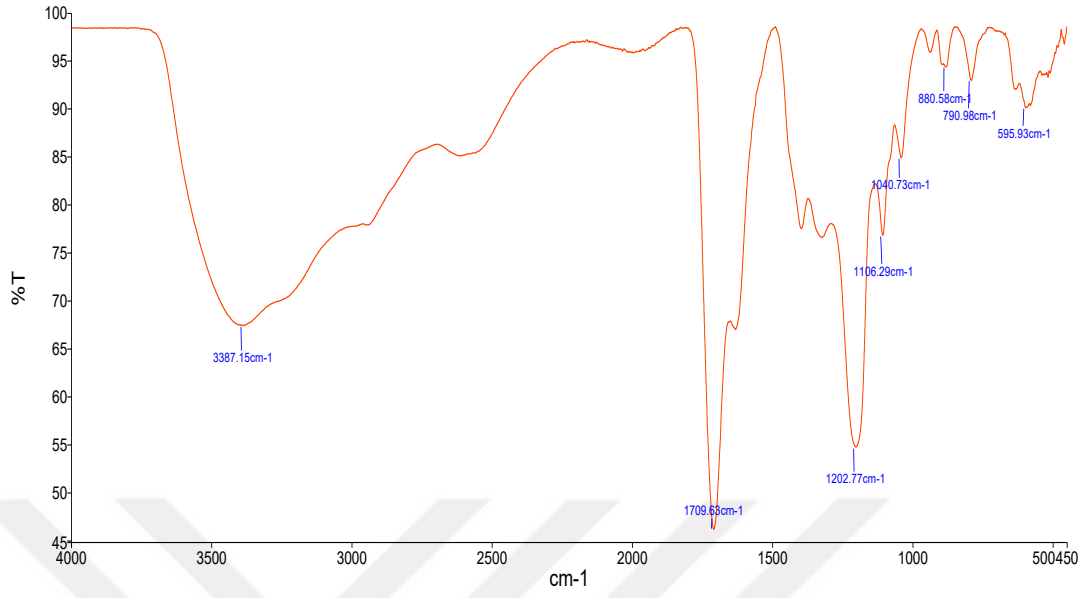
Ek 13. N13 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



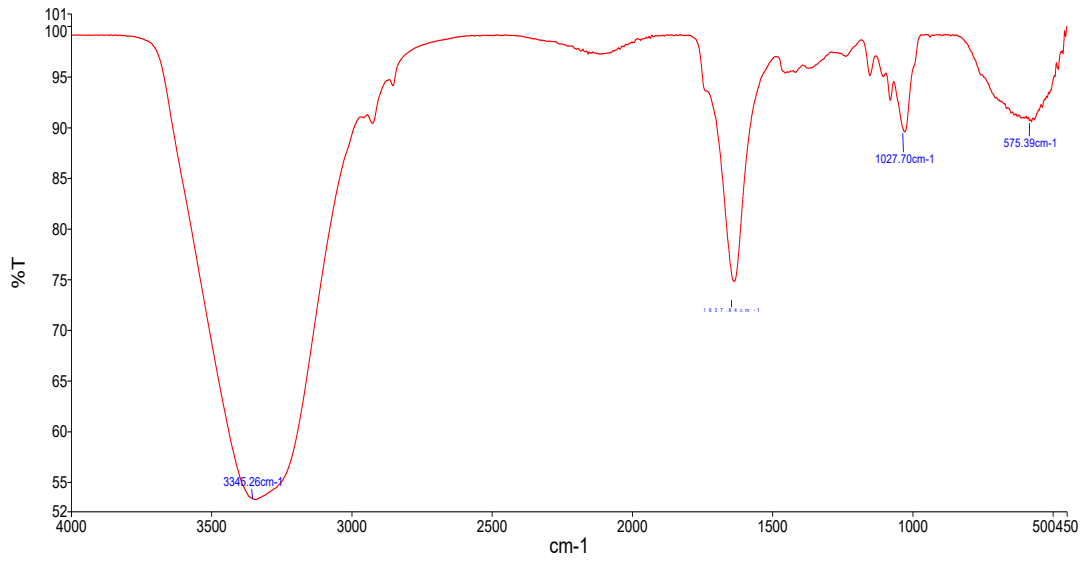
Ek 14. N14 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



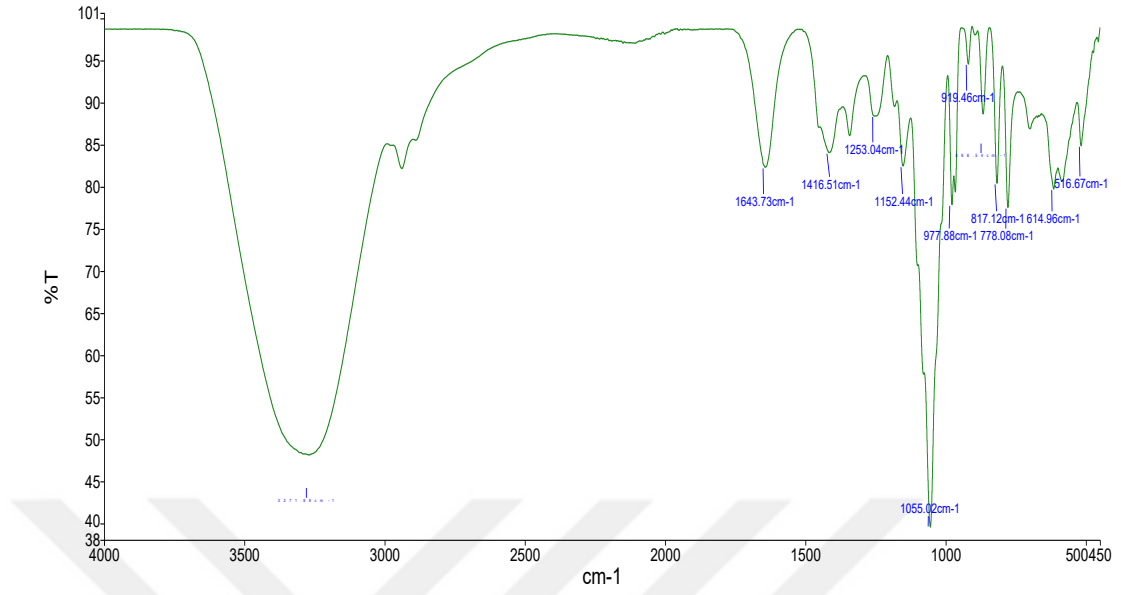
Ek 15. N15 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



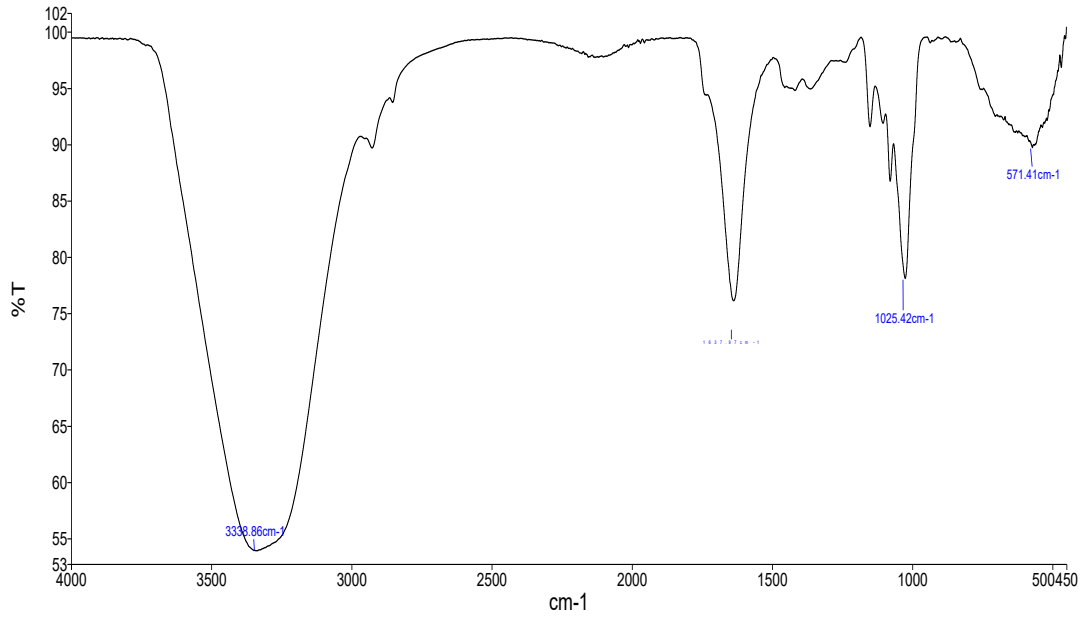
Ek 16. N16 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



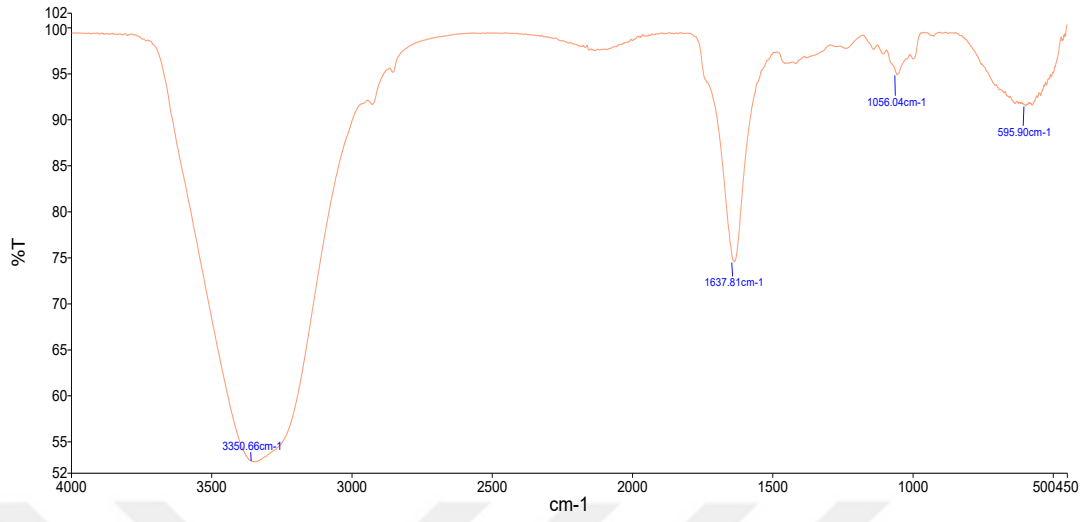
Ek 17. N17 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



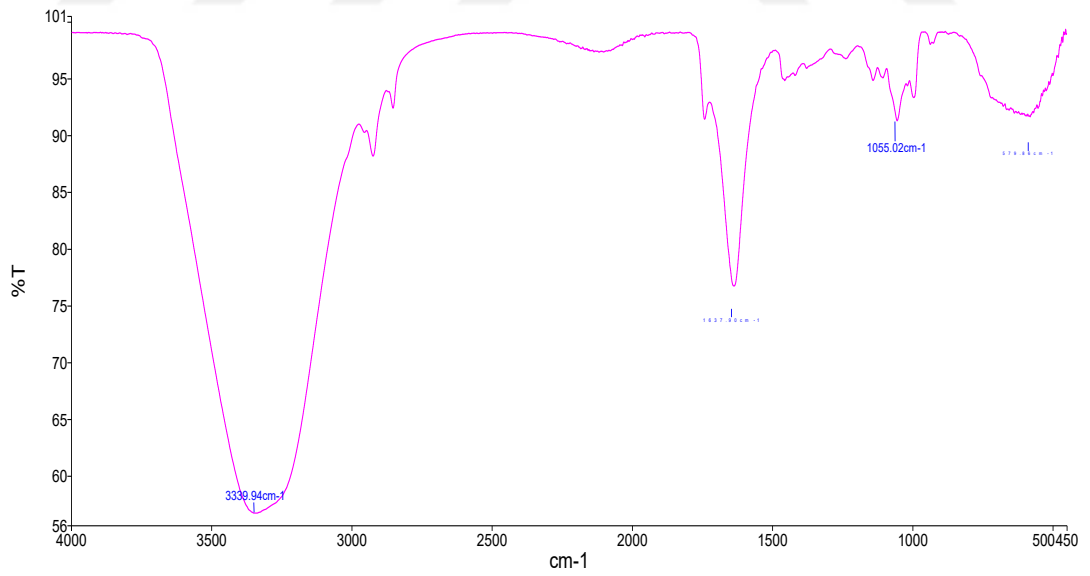
Ek 18 N18 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



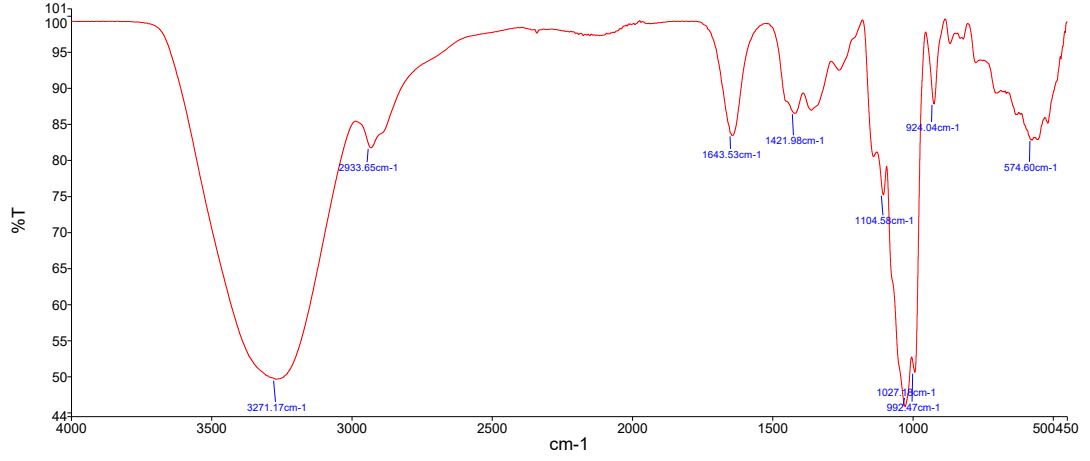
### Ek 19. N19 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



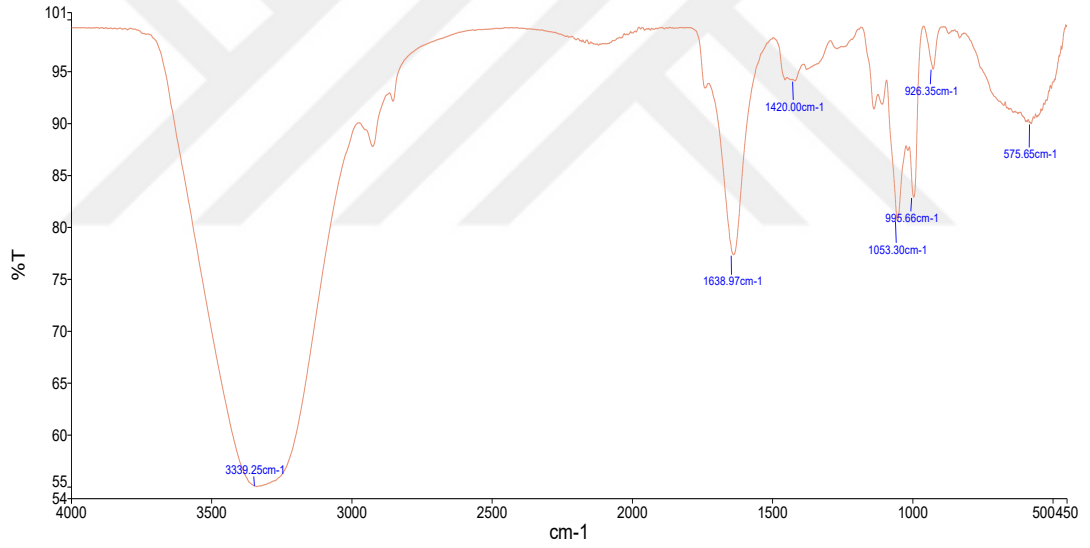
### Ek 20. N20 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



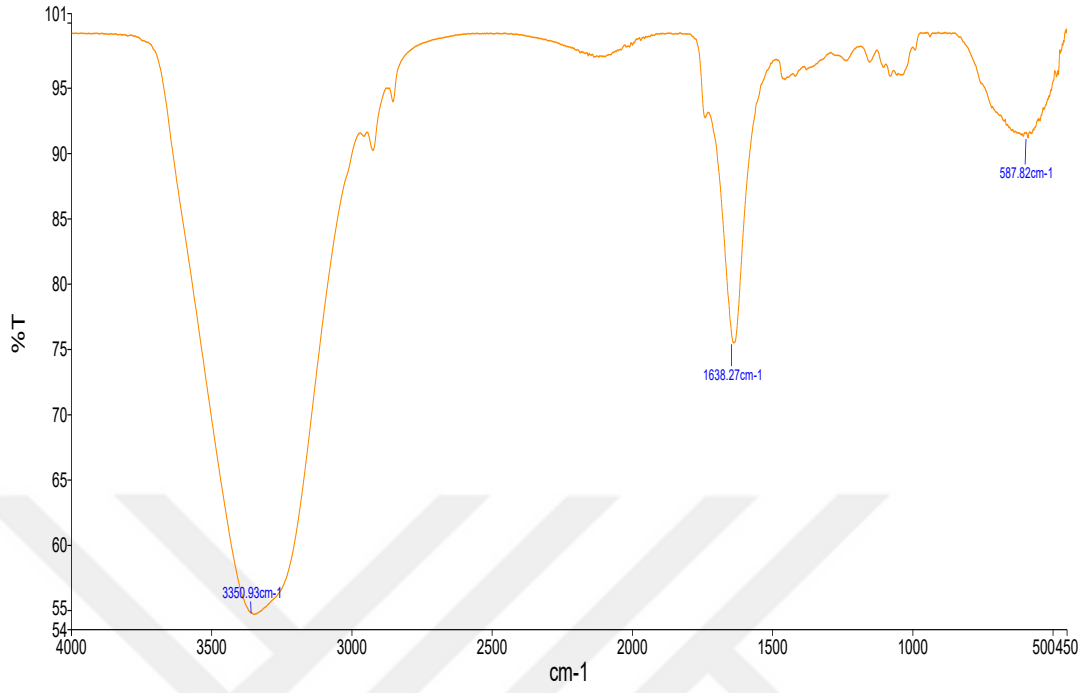
Ek 21. N21 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



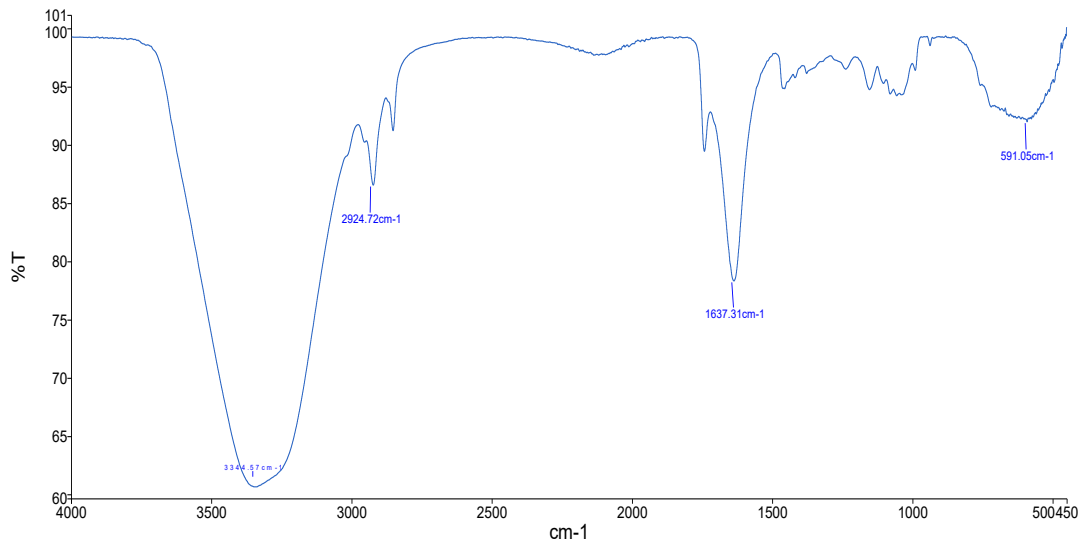
Ek 22. N22 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



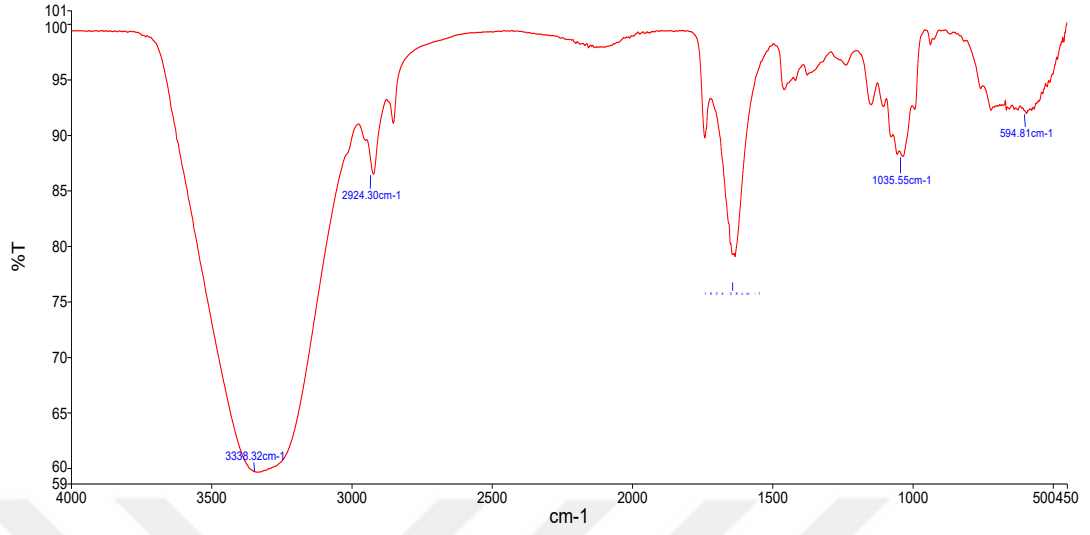
Ek 23. N23 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



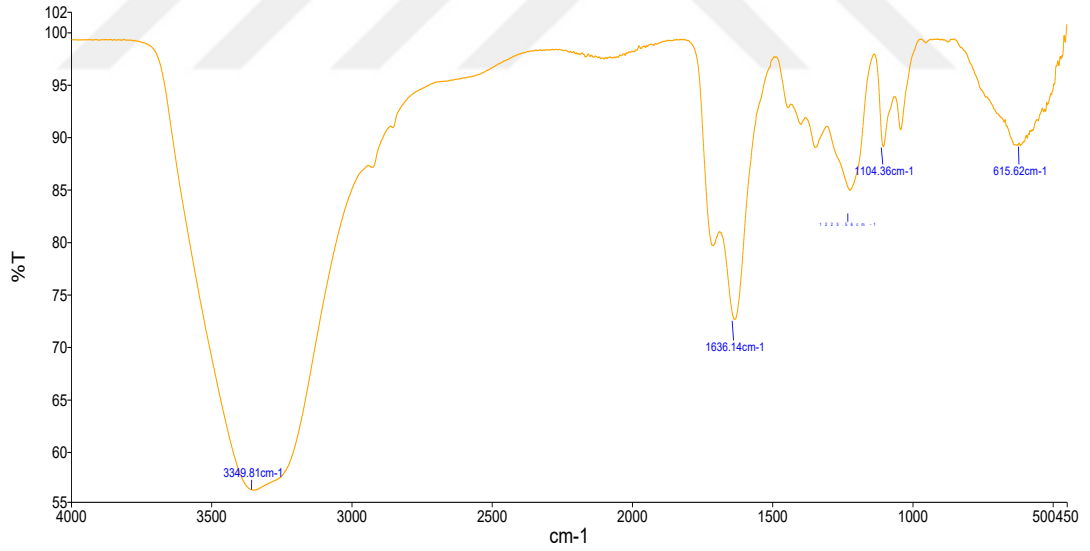
Ek 24. N24 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



Ek 25. N25 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



Ek 26. N26 Nolu örneğin FTIR analizi sonuçları



## ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon’da tamamladıktan sonra 2010 yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümüne kayıt oldu. 2014 yılında mezun oldu. Halen devam etmekte olan Yüksek Lisans öğrenimine 2021 yılında Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde başladı. Laboratuvar bazlı Üçel Ecza Deposu A.Ş, Anka Diagnostic firmalarında çalıştıktan sonra, Mega Analitik ve Laboratuvar Çözümleri firmasında çalışma hayatına devam etmekte. Evli ve bir çocuk babasıdır.

