

Kastamonu Yöresinde Üretilen Gökmar Kozalak Pekmez ve Sıvı Şuruplarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması

Turgay ÇETİNKAYA¹, Volkan KARACAOĞLAN², Sibel BAYIL OĞUZKAN³

¹Gıda İşleme Bölümü Armutlu Meslek Yüksekokulu, Yalova Üniversitesi, 77500 Armutlu, Yalova, Türkiye, ²Farmasotik Toksikoloji Anabilim Dalı, Eczacılık Fakültesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, 67600 Kozlu, Zonguldak, Türkiye, ³Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Gaziantep Üniversitesi Üniversitesi, Şehitkamil, 27090 Gaziantep, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-2962-1241>, ²<https://orcid.org/0000-0002-1953-7807>, ³<https://orcid.org/0000-0003-0254-6915>

✉: bayil@gantep.edu.tr

ÖZET

Pinaceae familyasına ait olan Gökmar ağacının Kastamonu Ilgaz dağlarında yetişen *Abies Nordmanniana* türü son yıllarda sağlık üzerine etkilerinden dolayı halk arasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada yöreye özgü Gökmar (abies) ağacının kozalaklarından geleneksel yöntemlerle elde edilen pekmez ve şurupların pH, asitlik derecesi, renk ve elektriksel iletkenlik gibi bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapıldı. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) yöntemi ile de kimyasal karakterizasyon analizleri yapıldı ve cihazın kütüphanesinde tespit edilen bileşenler yorumlandı. Spektrumların 1200–900 cm⁻¹ dalga boyu aralığında, şekerlerin eklenmesiyle birlikte yeni bantlar ortaya çıktığı gözlemlendi. Gökmar kozalak pekmezinde ilave edilen pancar şekerinin düşük sıcaklıkta uzun süre kaynatma yöntemi kullanılarak üretilmesinin poliakrilamid oluşumunu engellediği tespit edildi. Gökmar kozalak şurubunda ise 5- hidroksimetilfurufural (5-HMF) yapısal analiz sonucunda tespit edilmemiş olup yüksek sıcaklıkta üretimin gerçekleşmesi ile poliakrilamid yapıların olduğu belirlendi. Pekmez ve şurup numuneleri kendi aralarında kıyaslandığında, üretim yönteminin, üretim sıcaklık ve süresinin gıdanın içeriğinde meydana getirdiği değişiklikler bu çalışmada ilk defa ortaya konuldu.

Gıda Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 11.05.2023

Kabul Tarihi : 02.11.2023

Anahtar Kelimeler

Gökmar
Pekmez
Şurup
pH
İletkenlik

Comparison of Some Physical and Chemical Properties of Gökmar Cone Molasses and Liquid Syrups Produced in Kastamonu Region

ABSTRACT

Due to its effects on health, *Abies Nordmanniana* species of the Gökmar tree, belongs to the Pinaceae family and grows in Kastamonu Ilgaz mountains, has been widely used by the local people in recent years. The some physical and chemical analyzes of molasses and syrups obtained from the cones of the local abies tree were examined in this study. For this purpose, physical and chemical analyzes such as color, pH, acidity and electrical conductivity of molasses and syrups produced by traditional methods were performed. Chemical characterization analyzes were also performed with the Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) method, and the components detected in the device's library were interpreted. It was observed that new bands appeared with the addition of sugars in the 1200–900 cm⁻¹ wavelength range of the spectrums. It was determined that the production of beet sugar added fir cone molasses by using the method of boiling at low temperature for a long time prevented the formation of polyacrylamide. In the fir cone syrup, 5-hydroxymethylfurufural (5-HMF) was not detected according to the result of the structural analysis, and polyacrylamide structures were determined with the realization of production at high temperature. When the molasses and syrup samples were compared among themselves, the effect of production method, production temperature and time in the changes of the compenents were revealed for the first time in this study.

Food Science

Research Article

Article History

Received : 11.05.2023

Accepted : 02.11.2023

Keywords

Gökmar
Molasses
Syrup
pH
Conductivity

Atıf Şekli:	Çetinkaya T., Karacaoğlan, V., Oğuzkan, S. B., (2024) Kastamonu Yöresinde Üretilen Gökнар Kozalak Pekmez ve Sıvı Şuruplarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması. <i>KSÜ Tarım ve Doğa Derg</i> 27(3), 685-695. https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1296523
To Cite :	Çetinkaya, T., Karacaoğlan, V., Oğuzkan S.B. (2024). Comparison of Some Physical and Chemical Properties of Gökнар Cone Molasses and Liquid Syrups Produced in Kastamonu Region. <i>KSU J. Agric Nat</i> 27(3), 685-695. https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1295623

GİRİŞ

Gökнар, çamgiller (Pinaceae) familyasının *Abies* cinsinden iğne yapraklı ağaç türlerine verilen addır. Ormanlık alanlarda en fazla yayılış gösteren ağaç türü meşe (%29,42) olmakla birlikte, bunu %22,74 ile kızılçam, %18,31 ile karaçam, %8,19 ile kayın, %6,42 ile ardıç, %6,15 ile sarıçam ve %2,23 ile gökнар ağaç türleri takip etmektedir (İncemehmetoğlu, 2021; OGM, 2020). Türkiye’de Gökнар ağacı yaygınlık açısından Karadeniz Gökнарı, Uludağ Gökнарı, Kaz Dağı Gökнарı ve Toros Gökнарı şeklinde bir dağılım göstermektedir. Pekmez ülkemize yaygın olarak tüketilen geleneksel bir gıdadır. Genellikle üzüm, dut, gibi meyveler pekmez üretiminde hammadde olarak kullanılsa da Ilgaz dağlarında doğal olarak yetişen Gökнар’ın kozalakları da bölge halkı tarafından pekmez üretiminde kullanılmaktadır.

Son yıllarda, gıdaların sürdürülebilir ve sağlığa faydalı olması tercih edilen bir konu haline gelmiştir. Fonksiyonel gıda kavramı ya da gıdaların sağlık üzerine etkileri araştırma konusu olmuştur. Kozalak şurup ve pekmezlerinin öksürük, nefes darlığı, astım ve bronşit gibi hastalıkların tedavisinde fonksiyonel gıda olarak son yıllarda tercih edilmektedir (Ermiş, 1997; Yücel, 2014). Yapılan çalışmalarda ülkemizde yetişen bazı çam türlerinin kök, gövde, kozalak, dal, sürgünlerinden elde edilen ekstraktların antimikrobiyal (Eryılmaz ve ark. 2016; Kizil ve ark. 2002), yara iyileşmesi ve anti-enflamatuar aktivite (Tumen ve ark. 2010) ve bazı kanser türlerinde antikarsinojenik etki gösterdikleri belirlenmiştir (Aydın ve ark. 2013; Uçar, 2008).

Aynı zamanda doğal ve geleneksel yöntemlerle üretiminin yapıyor olması bu gıdalarla ilgili araştırma yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Gıdaların sadece besleyici özellikleri değil aynı zamanda şifalı yönlerinden faydalanılıyor olmak bu fonksiyonel gıdalara ilgiyi gün geçtikçe artırmaktadır (Işık & Çelik 2023). Ayrıca yöresel ve geleneksel yöntemlerle üretiminin yapıyor olması katkı maddelerinin kullanılmaması da bu gıdaları cazip hale getirmiştir. Fakat bu özellikler beraberinde gıdaların içeriklerinin bilinmemesi ve üretim yöntemlerinin son ürüne yapısal ne tür farklılıklar kazandırdığını bilmek önemli bir konu haline gelmiştir. Bu amaçla planlanmış olduğumuz bu çalışmada geleneksel yöntemlerle üretilen ve sağlık üzerine etkilerinden dolayı çokça tercih edilen Gökнар kozalak pekmez ve şurubunun bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapıldı. Analizlerin yapıldığı pekmez ve şuruptaki Hidroksimetilfurfural (HMF)

meyve suları, süt, bal, pekmez, tahıl ürünleri ve reçel (Hepsağ ve ark. 2017) gibi birçok gıdanın üretimi ve depolanması sürecinde oluşabilmektedir. HMF miktarlarının belirlenerek üretim süreçlerinin kontrolü açısından önem taşımaktadır (Batu ve ark. 2014). Bu amaçla 5-HMF miktarına sınırlama getirilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre balda 40 mg/kg (ppm) ‘a kadar bulunmasına izin verilmektedir.

Birçok gıdanın üretim metodları ya da depolanma süreçlerindeki farklılıklardan dolayı oluşan HMF ve poliakrilamid yapılarının varlığının tespiti önemli olduğu için yapının fonksiyonel grupları bu çalışmada değerlendirildi.

MATERYAL ve METOD

Kastamonu Ilgaz yöresinde, Gökнар kozalaklarından elde edilen pekmez ve şuruplar o bölgede yaşayan yerel köylüler tarafından aşağıdaki süreçlerde geleneksel yöntemlerle üretilip tarafımıza gönderildi.

Gökнар Kozalak Sıvı Şurubu Hazırlama

Olgun Gökнар (*Abies Nordmanniana*) kozalakları 1 litre suda 500 g olacak şekilde suda bekletilir. Daha sonra kaynatma işlemine geçilir. Su kaynamaya başladıktan sonra 4 saat kaynatılır. Geleneksel yöntemlerle üretilen Gökнар kozalak şurubu, yüksek sıcaklıkta (>120 °C) sıcaklık aralıklarında ekstra şeker ya da kil ilavesi olmadan kaynatılarak hazırlanmaktadır.

Gökнар Kozalak Pekmezi Hazırlama

Olgun Gökнар (*Abies Nordmanniana*) kozalakları 1 litre suda 500 g olacak şekilde suda bekletilir. Daha sonra kaynatma işlemine geçilir. Pekmez elde edilirken 100 L suya 50 kg şeker ilave edilerek (pancar şekeri) toplamda 10 saat renk değişimi olana kadar düşük ısıda (ort.90-100 °C) kaynatılarak hazırlanmaktadır. Şeker ilavesi yapılırken 100 L 'ye 84 g sitrik asit eklemesi şekerin kristalizasyonu önlemek ve tat vermek için yapılmaktadır.

Fiziksel Analizleri

Titrasyon asitliği ve pH

Asitlik tayini analizi için öncelikle örneklerden 10’ar gram tartılarak üzerine 75 ml saf su eklendi. Erlene 3 damla daha önceden hazırlanan %1’lik fenolftaleyn indikatör çözeltisinden ilave edildi. Karışım 0,1 N NaOH çözeltisi ile pembe renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir. 3 tekrarlı işlemler sonucunda, renk

değişimi görüldüğünde harcanan NaOH'nin miktarından yararlanarak numunenin asitliği mili eş

$$\text{Asitlik} \left(\text{mili Eşdeğer} \frac{\text{asit}}{\text{kg}} \text{ numune} \right) = \frac{(F \times N \times V)}{m} \times 1000$$

Gökmar pekmez ve şuruplarının pH değerleri probun örneklerin içerisine 3 kez daldırılmasıyla HANNA HI9124 (Hanna Instruments, Romanya) cihazıyla ölçüldü. İki analiz de oda sıcaklığında gerçekleştirildi.

Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik değerleri WTW (Almanya) portatif kondüktometre cihazı kullanılarak ölçüldü. 20ml'lik falkon tüpüne aktarılan numunelerin içerisine cihazın probu daldırıldı ve 3 tekrarlı ölçümler yapıldı.

Renk Analizleri

İki örneğin renkleri FRU Precise Renk okuyucu (WR-10, Çin) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Parlaklığın göstergesi olan L değeri en yüksek 100 beyaz rengi, en düşük 0 siyah rengi ifade etmektedir. Pozitif a kırmızıyı, negatif a yeşili, pozitif b sarıyı, negatif b ise maviyi ifade etmektedir. Her örnek için üç ölçüm gerçekleştirilerek ortalamaları alındı.

Çizelge 1. Sıvı şurup ve pekmez örneklerine ait fizikokimyasal sonuçlar

Table 1. Physicochemical results of liquid syrup and molasses samples

Parametreler	Numune	
	Pekmez	Sıvı Şurup
pH	3.87±0.01	4.82±0.02
Titrasyon Asitliği	23.52±0.98	11.76±0.98
Elektriksel İletkenlik (mS/cm)	0.0088±0.0002	2.28±0.0058
Renk	<i>L</i>	36.70±6.09
	<i>a</i>	15.46±3.69
	<i>b</i>	28.16±8.47

2007 yılında yayınlanan Üzüm Pekmezi Tebliği'nde, tatlı katı üzüm pekmezi için pH değeri ≤5.0–6.0 olarak, ekşi katı üzüm pekmezi için ise 3,5–5.0> olarak belirlenmiştir (Anonim, 2017). TS 3792 Üzüm Pekmezi Standardı'na göre ise bu limitler tatlı pekmez için 4,90-6,0, ekşi pekmez için 3,50-4,90 (hariç) aralığıdır. Türkbek ve ark. (2016) farklı üzüm çeşitleri ile yapılan pekmezlerle ilgili araştırmalarında pH değerlerini 3,59-5,23 arasında bulmuşlardır. Kaya ve ark. (2012)'nin çalışmasında ise üzüm pekmezi örneklerinin pH değeri 4,40 ve 5,78 arasında bulunmuştur. Çizelgede verilen değerlerin diğer çalışmaların bulgularıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Akbulut ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada pekmez yapımında kullanılan dutun çeşidine bağlı olarak pH'da önemli farklılıklar olduğunu ve sonuçların 3,50 ile 6,01 arasında ölçüldüğünü bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalar örneklerde ölçülen pH değerinin hasat zamanına, yetişen toprağın özelliklerine kullanılan asitlik

değer asit/kg numune cinsinden aşağıdaki formül yardımı ile hesaplandı:

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizleri

FTIR analizi gıdaların kimyasal yapılarının karakterize edilmesi için yaygın olarak kullanılan spektroskopik yöntemlerden biridir (Yaman, 2019). FTIR verileri ATR cihazı ile donatılmış Perkin Elmer Spektrofotometresi ile (Lambda 25, Waltham, MA) ile 4/cm çözünürlükte elde edildi. Numuneler iletim modunda 4000–650 cm⁻¹ dalga boyu aralığında incelendi.

BULGULAR ve TARTIŞMA

pH ve Titrasyon Asitliği

pH değeri pekmezlerin lezzet ve dayanıklılığı üzerine etkili bir parametredir (Özbey ve ark. 2013). Çizelgeden de görüleceği üzere analizi yapılan örnekler arasında pH değeri açısından farklılık gözlenmiştir. Gökmar pekmez örneğinin Çizelge 1'de gösterildiği gibi pH'ı 3,87 iken şurubunki 4,82 olarak bulundu.

düzenleyici miktarına ve çeşidine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Bizim çalışmamızdaki Gökmar kozalak pekmezinin asitliğinin sıvı formundakine göre düşük olması şeker krsitalizasyonunu engellemek amacı ile kullanılan sitrik asit kaynaklıdır. Titrasyon sonucunda elde edilen asitlik değerlerinin pH ile uyumlu olduğu ve Gökmar kozalak pekmezinde şuruba göre yüksek olması eklenen sitrik asitle doğru orantılıdır.

Elektriksel İletkenlik

Çalışmamızda katı pekmez ile sıvı şurup arasında elektriksel iletkenlik değeri yönünden fark gözlemlenmiş olup bu değerler glikoz (pancar şekeri) eklenen pekmezde şuruba göre oldukça düşük olduğu tespit edildi. Pekmez için elektriksel iletkenlik değerleri standartlarda belirtilmemiştir (Tosun ve ark. 2012). Ancak gıdalardaki elektriksel etkileşimlerin raf ömrü, renk, tekstür ve reolojik

özellikler gibi pek çok faktörü etkileyebildiği bilinmektedir. Bal gibi ürünlerde iletkenlik değeri mineral bileşenlerine, organik asit miktarına ve protein içeriğine göre değişebilmektedir.

Yapılan çalışmalarda pekmeze eklenen şeker çeşidi ve miktarının bu değerleri etkilediği bildirilmiştir. Örneğin saf pekmez ürünlerinde %50 şeker eklenenlere göre daha yüksek elektriksel iletkenlik değeri bulunmuştur. Şurupların elektriksel iletkenlik değeri daha düşük olduğundan eklenen şurup miktarı elektriksel iletkenlik değerinin düşmesine önemli bir rol oynamaktadır (Tosun ve ark. 2012). Erbil (2020) pekmez çeşitlerinin üzerine yaptığı çalışmada yüksek şeker konsantrasyonlarda kıvam koyulaşmasıyla birlikte iyon hareketliliği azaldığını ve iletkenlik değerindeki azalmanın şeker ilavesinin göstergesi olabileceğini ifade etmiştir.

Renk

Pekmezlerde ısı işlemin süre ve sıcaklığına bağlı enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu renk farklılıkları oluşabilmektedir. Göknar kozalak pekmezi hazırlanırken şeker ilavesi ile düşük sıcaklıkta ortalama 10 saat kaynatılması pekmezin rengini koyulaştırırken şurupta yüksek sıcaklıktaki kaynatmadan farklı bir renk oluşmasına neden olmuştur.

Pekmez üretiminde kaynatma süresinin uzun tutulması rengi etkileyen önemli faktörlerden biridir ve ısı işlem sırasında meydana gelen karamelizasyon olayı pekmezin renginin koyulaşmasına neden olabilmektedir (İncemehmetoğlu, 2021; Küçük ve ark, 2022). Nitekim kaynatma süresinin uzun tutulması ile daha kıvamlı ve daha koyu renkli pekmezlerin elde edildiği diğer araştırmacılar tarafından da açıklanmıştır (Karataş ve Şengül, 2018). Öte yandan yüksek sıcaklık uygulanan sıvı şurupta L değerinde yaklaşık %22,6'lık düşüş gözlemlenmiştir. Karakavuk (2014) tarafından, üzüm özü üretiminin 65 °C, 75 °C, 85 °C ve 100 °C'de gerçekleştirildiği çalışmada da, L değerinin sıcaklık arttıkça önemli ölçüde düştüğü belirlenmiştir. L değerinin yüksek olması kaliteli bir pekmez için istenen özelliktir. Ancak pozitif yükselen a değeri şekerlerin karamelizasyonun bir göstergesi olduğundan çok yüksek olması arzu edilmeyen bir durumdur (Özbey ve ark. 2013). Çalışmamızda katı pekmezde pozitif yönde artışın kırmızıyı temsil ettiği a değerinin 1,45'ten 15,46 yükseldiği, pozitif artışın sarıyı temsil ettiği b değerinin de 12,36'dan 28,16'ya arttığı tespit edilmiştir. Üzüm pekmezi tebliğine göre, pekmez açık kırmızı kahverengiden koyu kırmızı kahverengiye kadar değişen renklerde olabilmektedir (Anonim, 2017). Şekil 1'deki fotoğraftan da görüleceği üzere katı pekmezde karamelizasyon ile a değerinde artış gözlemlenmiş olsa da duyuşal görünüm özellikleri bu tebliğe uymaktadır.



Şekil 1. Göknar kozalak pekmezi (koyu kırmızımı) ve sıvı şuruplarının (kahverengimsi) görsel fotoğrafları. Fotografik görüntüler 3024x4032 piksel ve 72 dpi'ye sahip cep telefonu kullanılarak elde edildi

Figure 1. Visual photographs of fir cone molasses (dark reddish) and liquid syrups (brownish). Photographic images were obtained using a mobile phone with 3024x4032 pixels and 72 dpi

Pekmez ve şurubun renginin farklı olması şeker ve asit eklemeye bağlı olarak da değişebilmektedir. Pişirmenin başlangıcında sıra yüzeyinde oluşan ve kef adı verilen köpüklerin yayvan keçelerle ortamdan alınmasıyla berrak bir pekmez görünümü sağlanmaktadır. Göknar kozalak pekmezinin renginin şurubuna göre daha parlak olması bu duruma da bağlanmaktadır.

FTIR analizleri

Gıda ürünlerinin bileşenlerinin kimyasal karakterizasyonunda önemli bir rol oynayan, geleneksel analitik yöntemlere kıyasla hızlı sonuç veren basit bir yöntem olan FTIR spektroskopisi ile iki farklı numunedeki gruplar ve içerikler kıyaslanmıştır.

Her iki numunede 3600-2800 cm⁻¹, 2200-1900 cm⁻¹, 1700-1500 cm⁻¹, 1280-1200 cm⁻¹ dalga boyu aralıklarında ortak band bölgeleri gözlemlenmiştir. Ancak yakından incelendiğinde bu bantların pik yoğunluklarında değişimler ve Çizelge 2'de gösterildiği gibi taban noktalarında kaymalar gözlemlenmektedir. Örneğin O-H veya C-H fonksiyonel gruplarını temsil eden 3600-2800 cm⁻¹ dalga boyu bandının orta noktası şurupta 3309,7 cm⁻¹ iken pekmezde 3271,4 cm⁻¹'e kaymıştır. 1638 cm⁻¹'de ise band yoğunluğu daha fazla iken bu yoğunluk pekmez numunesinde azalmış ve 1642,9 cm⁻¹'e kayarak daha geniş band aralığında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2. Infrared spektrumdaki fonksiyonel gruplar, taban noktalarındaki kayma ve yeni oluşan pikler
Table 2. Functional groups, shifts in base points and newly formed peaks in the infrared spectrum

Fonksiyonel Grup	Sıvı Şurup Dalga boyu (cm ⁻¹)	Pekmez Dalga boyu (cm ⁻¹)	Kaynak
-OH, Amid A -OH gerilmeleri	3309.7	3271.4	Anjos ve ark. (2015), Se ve ark. (2018), Yaman, (2019)
CH/CH ₂ gerilme vibrasyonları	2099	2103	Wiercigroch ve ark. (2017)
Karboksilik asitin C-H gerilmesi, OH gruplarına bağlı C-H gerilmeleri	-	2933.5	Anjos ve ark. (2015), Elzey ve ark. (2016), Se ve ark. (2018)
OH ₂ makaslama titreşimleri veya dış bükülmeler	1638	1642.9	Cheng ve Lin (2006)
iki endosiklik CH ₂ grubunun makaslama modu	-	1416.8	Mathlouthi ve ark. (1983)
-C-C-H/C-O-H gruplarının açısıl deformasyonu	1269	1264.9	Rizk ve ark. (2023), Yaman (2019)
C-O ve C-C simetrik uzantılarının bağlanması	-	922,6	Wiercigroch ve ark. (2017)
C-O/C-C gerilme vibrasyonları, C- O-H düzlem içi bükülmeleri	-	1102 1028.9 866.9 818.3 777.5 702	Wiercigroch ve ark. (2017)
C-C-H asimetrik, C-C-H düzlem içi bükülmeler	-	866.9	Wiercigroch ve ark. (2017)

Sonuçlara göre pekmezde şuruptan farklı olarak birçok yeni pik, kırılmalar ve omuzlar gözlemlenmektedir (Şekil 2 ve Şekil 3). Bu yeni kimyasal bağlar iki örneğin birbirinden tamamen farklı olduğunu kanıtlamakta ve göknar kozalak pekmez numunesinde farklı bileşenlerin olduğunu ispatlamaktadır. Bu farklılıklar özellikle 1200-600 cm⁻¹ parmak izi bölgesinde ortaya çıkmıştır. Daha önceki çalışmalarda 1500-800 cm⁻¹ arasındaki bölgenin şekerler ile ilgili karakteristik absorpsiyon bantlarını kapsadığı belirtilmiştir (Wang ve ark. 2010). Göknar kozalak pekmez numunesinde 1416,8, 1349,8, noktalarında yeni zayıf bantlar ve omuzlar ortaya çıkmıştır. 1268,5'ten 1264,8'e kayan pikin yoğunluğu ise güçlenmiş ve bant aralığı genişlemiştir. Çalışmalarda 1500-1200 cm⁻¹ arasındaki bantların CH₂ bağlarının deformasyonu ve -C-C-H/C-H-O gruplarının açısıl deformasyonu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Gallardo-Velázquez ve ark. 2009; Gok ve ark. 2015; Hineno, 1977; Se ve ark. 2018).

1200-950 cm⁻¹'de ortaya çıkan birçok yeni yoğun bantların ise C-OH gruplarındaki C-O gerilmeleri ve şekerdeki C-C gerilme piklerinden kaynaklanmış olabilir (Khurana ve ark. 2008; Rizk ve ark. 2023; Se ve ark. 2018). Özellikle 1028,9'daki pik numunede glukoz olduğunu ispatlamaktadır. Çünkü daha önceki çalışmalarda benzer olarak bu bölgede glukoz 1024 cm⁻¹, 1027 cm⁻¹, 1022 cm⁻¹, ve 1029 cm⁻¹ dalga

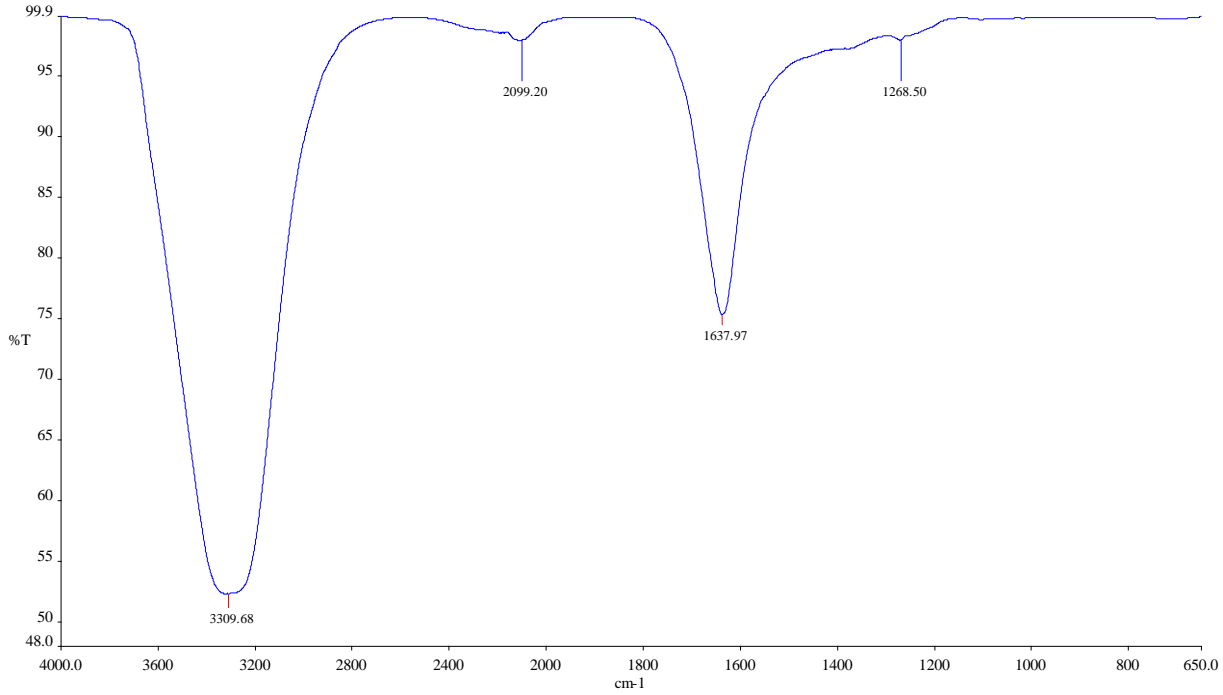
boylarında maksimum band yoğunluğu göstermiştir (Mellado-Mojica ve ark. 2016; Rizk ve ark. 2023; Se ve ark. 2018; Yaman, 2019).

CCO gruplarının deformasyon modlarının hakim olduğu 1000-800 cm⁻¹ aralığında 866,9 cm⁻¹ 818,3 cm⁻¹, 777,5 cm⁻¹ gözlenen pikler fruktoz varlığının sebebi olabilir. Çünkü yine önceki çalışmalarda da 817 cm⁻¹, 817 cm⁻¹, ve 778 cm⁻¹'deki piklerin fruktoz ilavesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Kačuráková & Mathlouthi, 1996; Wiercigroch ve ark. 2017) Çalışmamızdaki Göknar kozalığın yapısında bulunan meyve şekeri olan fruktoz Göknar kozalığına asit ilave edilip kaynatılması esnasında pekmezin yapısına geçmiş olabilir.

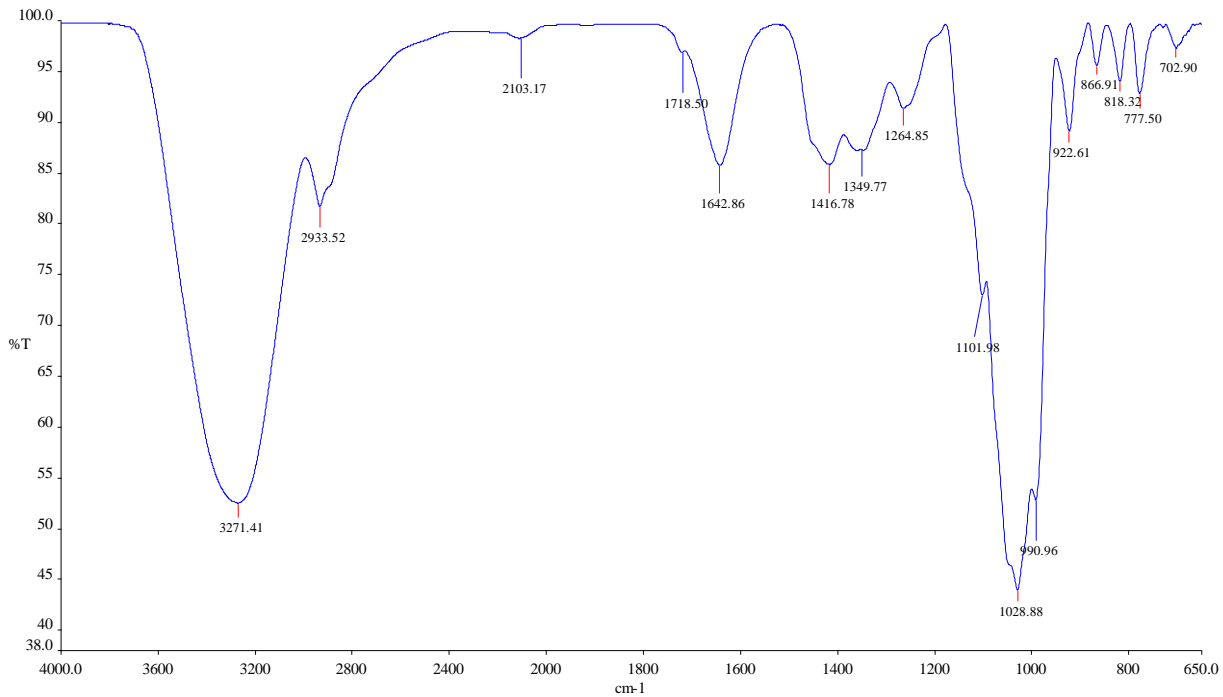
Özdemir (2004) Toros Göknarı (*A. cilicica subsp. isaurica*)'nın genel kimyasal yapısını incelediği çalışmada %79 oranında holoselüloz olduğunu bildirmiştir. Göknar pekmez örneğinde de FTIR cihazının taraması sonucu, cihaz kütüphanesinden alfa selüloz ve selüloz yapılarına benzer spektrumlar elde edildi. Göknar şurup örneklerine bakıldığında ise cihazın kütüphanesinde farklı polimerik yapılara ait bileşenler tespit edildi. Bunun sebebi sıvı şurupta ham karbonhidrat yapıları bulunurken, pekmez örneğine ısıtma uygulanması ve şeker eklemesi sebebiyle yeni yapıların (jel yapıları, biyomoleküller) oluşmasına bağlanmaktadır. Bilindiği üzere gıdaların ısıtılması sırasında, indirgen şekerler ile amino

asitler reaksiyona girerek Maillard reaksiyonu olarak bilinen gıdaların esmerleşmesine yol açan olaylar gerçekleşir. Bununla birlikte ısıtma ile esmerleşme reaksiyonundan sorumlu daha reaktif monokarbonil ve dikarbonil bileşiklerinin üretildiği bilinmektedir

(Feather, 1993). Bu nedenle yüksek sıcaklıkla birlikte reçine maddelerinin ve diğer moleküllerin pekmezin yapısına geçişi ve yeni bileşiklerin üretilmesi söz konusu olabilir.



Şekil 2. Göknar sıvı şurup örneğinin FTIR spektrumu
Figure 2. FTIR spectrum of Göknar liquid syrup sample



Şekil 3. Göknar pekmez örneğinin FTIR spektrumu
Figure 3. FTIR spectrum of Göknar cone molasses sample

HMF, gıdaların işlenişi esnasında sıcaklık ve uygulama süresi ile aynı zamanda asitlik/bazlık

değerleri ile karbohidrat yapılarından meydana gelebilen doza bağlı toksik bir kimyasaldır. Göknar

pekmezi üretimi esnasında geleneksel yöntemler uygulandığından kullanılan pancar şekeri ve eklenen sitrik asit değerlerinin herhangi bir standardı yoktur. Yapılan bir çalışmada, farklı pişirme süresi, teçhizat ve ısıtma yapılarak açık kazanlarda geleneksel pişirme uygulanan çam pekmezlerinde HMF değerleri geniş bir aralıkta (4,54-1101,58 mg/kg) tespit edilmiştir (İncemehmetoğlu, 2021).

HMF renk esmerleşmesinde rol oynayabilen ve pekmezde önemli kalite unsurlarından bir bileşen olup, düşük pH değerinde, heksozların asidik ortamda bozulmaları ile oluşabilmektedir (Yaman, 2019). HMF ile vizkozite arasında doğrusal bir ilişki olduğu ifade edilmiştir. Cihaz kütüphanesinde HMF'ye rastlanmamış ancak, hidroksietil selüloz bileşeni tespit edilmiştir. Bu bileşen Maillard reaksiyonu sonucu yeni oluşan melanoidin benzeri ürünlerinden biri olabilir. Ertop ve ark. (2017) bazı melanoidin ürünlerinin antioksidatif etkilerinin olduğunu ifade etmiştir bu nedenle pekmezde antioksidan içeriklerinde de değişimler olmuş olabilir.

Akrilamid karbonhidrat ve protein içerikli besinlerin yüksek ateşte pişirilmesiyle (>120°C) ortaya çıkabilen monomerik ile polimerik olarak iki formu bulunan, organik bir bileşiktir. FTIR cihazının sonuçlarının kütüphanesinde monomerik forma göre kısmen daha az zararlı olan ve toksik özellik göstermeyen poliakrilamid formu tespit edilmiştir. Bu da yüksek ateşte kaynatmayla birlikte polimer yapıdaki akrilamidin oluşmuş olabileceğini göstermektedir (Sırıklı ve Kara, 2022). Göknar pekmezin FTIR sonuçlarına göre cihaz kütüphanesinde tespit edilen yapıların içerisinde herhangi bir poliakrilamid yapıya rastlanmamıştır. Mestdagh ve ark. (2008) yaptığı çalışmada sitrik asitin son ürünlerdeki akrilamid içeriğini önemli derecede azalttığını ifade etmiştir. Dolayısıyla daha düşük pH ve yüksek asitliğe sahip olan bu örnekte ortam asitliği poliakrilamid oluşumunu engellemiş olabilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Göknar kozalak ağacından elde edilen ve yöresel olarak tüketilen pekmez ve şurupların son yıllarda tüketimi yaygınlaşmıştır. Bu nedenle bu yöreye ait ve faydalı diye lanse edilen geleneksel yöntemlerle üretilen gıdaların içerik analizlerinin yapılması önemli bir hale gelmiştir. Türkiye'de, Pinaceae familyasına ait olan iki tür Göknar ağacı olup Kastamonu İlğaz dağlarında yetişen *Abies Nordmanniana* türü bu çalışmada değerlendirildi.

Göknar kozalak pekmez ve şurubu kendi arasında fiziksel özellikleri ve kimyasal özellikleri açısından bu çalışmada araştırıldı. Viskozitesi daha yoğun olan pekmezin elektriksel iletkenliğinin düşük olmasının içerisindeki iyonların hareket sınırlılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda yapılan renk analizinde ve görsel değerlendirmede

pekmezin sıvı şuruba göre daha koyu kırmızı renkte, daha kıvamlı ve akışkan olduğu belirlenmiştir. L ve a değerlerinin düşerek rengin kızılımtırağa dönmesi, pekmezin içerdiği şekerin belli bir miktarının yanmasının göstergesidir. Daha uzun süren ısıl işlem, renk kararmasına sebep olarak kurumadde miktarının da yükselmesine ve böylece vizkozitenin artmasına sebep olmuştur.

Isıl işlem, gıdaların raf ömrünü uzatmasının yanı sıra, son ürün kalitesi üzerinde tat ve görünüş gibi önemli etkiler yaratan bir prosestir. Isıl işlem, Maillard reaksiyonu, karamelizasyon gibi bir dizi kimyasal reaksiyona bağlı olarak gıdalarda değişikliklere sebep olabilmektedir. Pekmezler meyvelerin ısıl işlem uygulanarak işlenmesi ile üretildiğinden pekmezin ortaya çıkışında meyve sırası istenilen duyuşal özelliklere, şeker konsantrasyonuna ve kıvama sahip olana kadar ısıl işlemle koyulaştırılmıştır. Göknar meyvesinden daha fazla besin maddelerinin alımı, meyvenin (kozalak) suda bekletilip, kaynatılması ve sırasının konsantre edilerek pekmez haline getirilip tüketilmesiyle mümkün olabilir.

Göknar pekmezinin FTIR analizlerinde cihaz kütüphanesinde HMF'ye rastlanmamasının kullanılan ısıl yöntemin düşük sıcaklıkta olması ile alakalı olabileceği düşünülmektedir. Göknar şurubunun FTIR analizine bakıldığında da yine cihaz kütüphanesinde HMF tespit edilemedi. Göknar şurupları üretim metodunda şeker ilavesi olmaması bu durumu açıklamaktadır. Tüm kaynatma işlemine maruz kalan şekerli ürünlerde HMF hem işlemin doğru uygulanıp uygulanmadığı hem de sağlık açısından uygunluğunu gösteren önemli bir parametre olduğu için bu iki fonksiyonel gıdanın kimyasal karakterizasyonunda tespit edilememiş olması oldukça önemlidir. Bu sonuçlar FTIR cihazıyla basit bir şekilde tüketiciler için ürünün içeriğinin bileşenlerinin kalitesinin belirlenmesi noktasında yol gösterici olmuştur. Bu yöntemler ileriki çalışmalarda farklı oranlarda HMF içeren ürünlerin spektrumları incelenerek kıyaslama yapılması noktasında örnek bir yöntem olacaktır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Akbulut, M., Batu, A., Çoklar, H. (2007). Dut pekmezinin bazı fizikokimyasal özellikleri ve üretim teknikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik*

- Dergisi*, 2, 25–31. , H. (2007). *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 25-31. ISSN: 1306-7648.
- Anjos, O., Campos, M. G., Ruiz, P. C., & Antunes, P. (2015). Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey. *Food Chemistry*, 169, 218–223. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.07.138>
- Anonim. (2012). *Türk gıda kodeksi bal tebliği. (tebliğ no: 2012/58)*. 27 Temmuz 2012 Tarih ve 28366 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonim. (2017). *Türk gıda kodeksi üzüm pekmezi tebliği. (tebliğ no: 2017/8)*. 30 Haziran 2017 Tarih ve 30110 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Aydin, E., Türkez, H., & Geyikoğlu, F. (2013). Antioxidative, anticancer and genotoxic properties of α -pinene on N2a neuroblastoma cells. *Biologia (Poland)*, 68(5), 1004–1009. <https://doi.org/10.2478/S11756-013-0230-2>
- Batu, A., Aydoğmuş, R. E., Bayrambaş, K., Eroğlu, A., Karakavuk, E., & Eroğlu, Z. (2014). Formation of Hydroxymethylfurfural In Foods and Its Effects On Human Health. *Electronic Journal of Food Technologies*, 9(1), 40–55. ISSN: 1306-7648.
- Cano-Sarmiento, C., Téllez-Medina, D. I., Viveros-Contreras, R., Cornejo-Mazón, M., Figueroa-Hernández, C. Y., García-Armenta, E., Alamilla-Beltrán, L., García, H. S., & Gutiérrez-López, G. F. (2018). Zeta Potential of Food Matrices. In *Food Engineering Reviews* (Vol. 10, Issue 3, pp. 113–138). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9176-z>
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Nadir Kitap. Ankara, 657 sy.
- Cheng, W. T., & Lin, S. Y. (2006). Processes of dehydration and rehydration of raffinose pentahydrate investigated by thermal analysis and FT-IR/DSC microscopic system. *Carbohydrate Polymers*, 64(2), 212–217. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2005.11.024>
- Elzey, B., Pollard, D., & Fakayode, S. O. (2016). Determination of adulterated neem and flaxseed oil compositions by FTIR spectroscopy and multivariate regression analysis. *Food Control*, 68, 303–309. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2016.04.008>
- Erbil, D. (2020). *Endüstriyel Ve Geleneksel Yöntemlerle Üretilmiş Farklı Pekmez Çeşitlerinin Bazı Fizikokimyasal Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. (Tez no 630632)*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi
- Ermiş. (1997). Şifali bitkiler ansiklopedisi. Gün Yayıncılık. Nadir Kitap. 716 sy.
- Ertop, M. H., Beyza, S., & Sarıkaya, Ö. (2017). The Relations Between Hydroxymethylfurfural Content, Antioxidant Activity and Colorimetric Properties of Various Bakery Products. *Gıda Journal of Food*, 42(6), 834–843. <https://doi.org/10.15237/gida.GD17033>
- Eryılmaz, M., Tosun, A., & Tümen, İ. (2016). Antimicrobial Activity of Some Species from Pinaceae and Cupressaceae. *Turkish Journal of Pharmaceutical Science*, 13(1), 35–40.
- Feather, M. S. (1993). Dicarbonyl Sugar Derivatives and Their Role in the Maillard Reaction. ACS Symposium Series Vol. 543. ISBN13: 9780841227422 eISBN: 9780841213999, 127–141.
- Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Loa, M. Z. de, & Rivera-Espinoza, Y. (2009). Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys. *Food Research International*, 42(3), 313–318. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2008.11.010>
- Gok, S., Severcan, M., Goormaghtigh, E., Kandemir, I., & Severcan, F. (2015). Differentiation of Anatolian honey samples from different botanical origins by ATR-FTIR spectroscopy using multivariate analysis. *Food Chemistry*, 170, 234–240. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.08.040>
- Hepsağ, F., Hayoğlu, İ. (2017). Akdeniz Bölgesinde Satışı Yapılan Bazı Reçellerin HMF Miktarlarının HPLC ile Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. *Batman University Journal of Life Sciences*, 7 (2/2), 149–160.
- Hineno, M. (1977). Infrared spectra and normal vibration of β -d-glucopyranose. *Carbohydrate Research*, 56(2), 219–227. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(00\)83344-3](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)83344-3)
- Işık, Sefa, Çelik, Ş. (2023). Sürülebilir Özellikte Yeni Kahvaltılık Bir Ürün: Dut Pekmezi Kreması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(2), 326-338.
- İncemehmetoğlu, E. (2021). *Geleneksel Çam Kozalağı Pekmezinin Fizikokimyasal, Biyoaktif ve Fonksiyonel Özelliklerinin Araştırılması. (Tez no 682085)*. [Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kačuráková, M., & Mathlouthi, M. (1996). FTIR and laser-Raman spectra of oligosaccharides in water: characterization of the glycosidic bond. *Carbohydrate Research*, 284(2), 145–157. [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(95\)00412-2](https://doi.org/10.1016/0008-6215(95)00412-2)
- Karakavuk. (2014). *Üzümünden 'Üzüm Özü' adında yeni bir ürün eldesi üzerine bir araştırma. (Tez no 372467)*. [Yüksek Lisans Tezi, Tunceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Karataş, N., & Şengül, M. (2018). Dut Pekmezinin Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri ile

- Antioksidan Aktivitesi Üzerine Depolamanın Etkisi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(1), 34–43.
- Kaya, C., Duygu Akaydın, M., & Esin, Y. (2012). Bazı Ticari Sıvı ve Katı Üzüm Pekmezlerinin Özellikleri. *Akademik Gıda*, 10(3), 32–39. ISSN: 1304-7582
- Khurana, H. K., Jun, S., Cho, I. K., & Li, Q. X. (2008). Rapid Determination of Sugars in Commercial Fruit Yogurts and Yogurt Drinks Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(5), 631–636. <https://doi.org/10.13031/2013.25261>
- Kizil, M., Kizil, G., Yavuz, M., & AYTEKİN, Ç. (2002). Antimicrobial activity of resins obtained from the roots and stems of Cedrus libani and Abies cilicia. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 38(2), 144–146. <https://doi.org/10.1023/A:1014358532581/METRICS>
- Küçük, A. Y., Duraklı Veliöğlu, S. (2022). Keçiboynuzu Özünü Adı Altında Satışa Sunulan Ürünün Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi ve Keçiboynuzu Pekmezi İle Karşılaştırılması. *The Journal of Food*, 47(5), 889–903. <https://doi.org/10.15237/GIDA.GD22033>
- Kutay Sırlıklı, İ., & Hasan Hüseyin Kara. (2022). Gıda Güvenliği Riskleri Bakımından Yöresel Pişirme Yöntemleri. 3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences. Konya, Türkiye, 20-23 Haziran, 2022 ss. 7.
- Mathlouthi, M., Seuvre, A. M., & Koenig, J. L. (1983). F.T.-I.R. and laser-raman spectra of d-ribose and 2-deoxy-d-erythro-pentose (“2-deoxy-d-ribose”). *Carbohydrate Research*, 122(1), 31–47. [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(83\)88404-3](https://doi.org/10.1016/0008-6215(83)88404-3)
- Mellado-Mojica, E., Seeram, N. P., & López, M. G. (2016). Comparative analysis of maple syrups and natural sweeteners: Carbohydrates composition and classification (differentiation) by HPAEC-PAD and FTIR spectroscopy-chemometrics. *Journal of Food Composition and Analysis*, 52, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2016.07.001>
- Mestdagh, F., Maertens, J., Cucu, T., Delporte, K., Van Peteghem, C., & De Meulenaer, B. (2008). Impact of additives to lower the formation of acrylamide in a potato model system through pH reduction and other mechanisms. *Food Chemistry*, 107(1), 26–31. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.07.013>
- OGM. (2020). *Orman ve Biyolojik Çeşitlilik*. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/kitaplik/yayinlar>
- Özbey, A., Öncül, N., Erdoğan, K., Yıldırım, Z., Yıldırım, M. (2013). Tokat Yöresinde Üretilen Çalma Pekmezin Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *Akademik Gıda*, 11(1), 46–52. ISSN: 1304-7582.
- Özdemir, H. (2004). *Anadolu Göknaar Türleri (Abies Spp.) Odunlarının Kimyasal Karakterizasyonu*. (Tez no 184837) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özkan, K., Türkmenoğlu, G., Fakir, H., & Sağdıç, O. (2023). Andız (Juniperus drupacea) Pekmezinin Üretimi, Çeşitli Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri. *European Journal of Science and Technology*, 46(46), 74–81. <https://doi.org/10.31590/EJOSAT.1200090>
- Rizk, H. A., Estephan, J., Salameh, C., & Kassouf, A. (2023). Non-targeted detection of grape molasses adulteration with sugar and apple molasses by mid-infrared spectroscopy coupled to independent components analysis. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 40(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/19440049.2022.2135766>
- Se, K. W., Ghoshal, S. K., Wahab, R. A., Ibrahim, R. K. R., & Lani, M. N. (2018). A simple approach for rapid detection and quantification of adulterants in stingless bees (Heterotrigona itama) honey. *Food Research International*, 105, 453–460. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2017.11.012>
- Tosun, M., Keles, F., Pekmezine, D., Şeker, D., Katılarak, Ş., Hileleri, Y., & Yöntemleri, B. (2012). Testing Methods for Mulberry Pekmez Adulterated with Different Sugar Syrups. *Akademik Gıda*, 10(1), 17–23. ISSN: 1304-7582.
- Tumen, I., Hafizoglu, H., Kilic, A., Dönmez, I. E., Sivrikaya, H., & Reunanen, M. (2010). Yields and Constituents of Essential Oil from Cones of Pinaceae spp. Natively Grown in Turkey. *Molecules*, 15 (8), 5797–5806. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES15085797>
- Türkben, C., Suna, S., İzli, G., Uylaşer, V., & Demir, C. (2016). Physical and Chemical Properties of Pekmez Molasses Produced with Different Grape Cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(3), 339–348. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001392
- Uçar, A. (2008). Geleneksel Türk Tadı: Pekmez. *Atatürk Kültür, Dil Ve Tarih Yüksek Kurumu, Uluslararası Asya Ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi*, Ankara, Türkiye, 2008, ss. 15.
- Wang, J., Kliks, M. M., Jun, S., Jackson, M., & Li, Q. X. (2010). Rapid Analysis of Glucose, Fructose, Sucrose, and Maltose in Honeys from Different Geographic Regions using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Journal of Food Science*, 75(2), C208–C214. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2009.01504.X>
- Wiercigroch, E., Szafraniec, E., Czamara, K., Pacia, M. Z., Majzner, K., Kochan, K., Kaczor, A., Baranska, M., & Malek, K. (2017). Raman and infrared spectroscopy of carbohydrates: A review. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and*

- Biomolecular Spectroscopy*, 185, 317–335.
<https://doi.org/10.1016/J.SAA.2017.05.045>
- Yaman, N. (2019). *Dut, Keçiboynuzu ve Üzüm Pekmezlerinde Glukoz Şurubu Katılarak Yapılan Tağşişin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ile Tespiti. Tez no 572660* [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yücel, E. (2012). *Türkiye’de Yetişen Tıbbi Bitkiler Tanıma Klavuzu*. Türmatsan, İstanbul, ISBN 978-975-93746-8-6.