

Received: 18.04.2025
Accepted: 12.05.2025

***Compositae* ve *Liliales* Familyalarına Ait Bazı Bitkilerin İnülin İçerikleri ile Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi**

Emrah ORAL¹, Aslıhan DEMİRDÖVEN¹

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 60250, Tokat

Özet

İnülin, çok çeşitli gıda ve farmasötik uygulamaları olan, doğal, bitki kaynaklı bir depo polisakkaritidir ve günümüzde gıda endüstrisinde, fonksiyonel gıdaların hazırlanmasında önemli bir yere sahiptir. İnülin elde etmeye yönelik artan bir ilgi olması nedeniyle bu çalışmada *Compositae* ve *Liliales* familyalarına ait bazı bitkilerde inülin kaynaklarının araştırılması, inülin içeriklerinin belirlenmesi ve fonksiyonel özelliklerinin saptanması amaçlanmıştır. Araştırmada ayçiçeği (taç kısmı), enginar (yaprak), karahindiba, pırasa, sarımsak, soğan ve yer elmasında inülin varlığı tespit edilmiş ve inülin tespit edilen materyallerdeki toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Ayrıca materyallerin renk ve pH değerleri ölçülmüştür. Çalışılan materyaller içerisinde en yüksek inülin içeriği sarımsak örneklerinde (20.179 ± 0.188 g/100g) tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasitesi arasındaki korelasyon tüm materyallerde 0.866-0.989 arasında belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Papatyagiller, zambakgiller, diyet lifi, antioksidan.

Determination of Inulin Contents and Functional Properties of Some Plants Belonging to *Compositae* and *Liliales* Families

Abstract

Inulin is a natural, plant-derived storage polysaccharide with a wide range of food and pharmaceutical applications, and today it has an important place in the food industry to prepare functional foods. Due to the increasing interest in obtaining inulin, this study aimed to investigate the sources of inulin in some plants belonging to the *Compositae* and *Liliales* families, to determine their inulin contents, and functional properties. In this study, the presence of inulin was determined in sunflower (crown part), artichoke (leaf), dandelion, leek, garlic, onion, Jerusalem artichoke, and the relationship between total phenolic compounds and antioxidant capacity values in inulin-detecting materials was investigated. In addition, the color and pH values of the materials were measured. The highest inulin content among the studied materials was determined in garlic samples (20.179 ± 0.188 g/100g). The correlation between total phenolic compounds and total antioxidant capacity was determined between 0.866 and 0.989 in all materials.

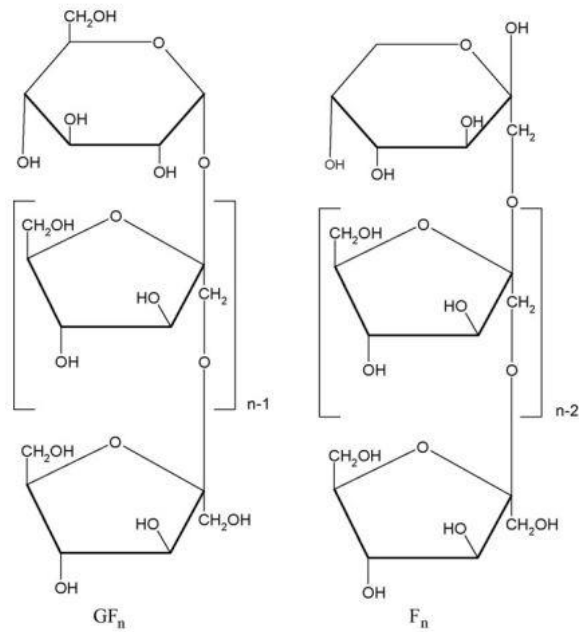
Keywords: *Compositae*, *Liliales*, dietary fiber, antioxidant.

1. Giriş

İnülin, birçok bitki çeşidinde bulunan doğal bir grup polisakkarittir ve fruktan olarak bilinen diyet lifi sınıfına aittir. İnülin, 1800'lü yılların başında Alman bilim adamı Valentina Rose tarafından keşfedilmiştir ve o zamandan beri birçok bitkide varlığı araştırılmaktadır. ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), inülini 2018 yılında gıdaların besin değerini artırmak için kullanılan diyet lifi bileşeni olarak onaylamıştır [1].

Günümüzde 30.000'den fazla bitkinin inülin içerdiği literatürde yer almaktadır. Ancak bu 30.000 bitkiye ait detaylı bilgi ve veri literatürde bulunmamaktadır. Literatürde temel olarak *Compositae* (Papatyagiller) ve *Liliales* (Zambakgiller) familyalarına ait bitkilerin inülince zengin olduklarını ifade eden bilgiler mevcuttur. Bu kapsamda kayda değer miktarlarda inülin içeren bazı bitkisel kaynaklar yer elması, hindiba, sarımsak, kuşkonmaz ve taraxacum (dandelion) köküdür. İnülin içeren ve yaygın olarak tüketilen bitkiler ise soğan, pırasa, sarımsak, muz, buğday, çavdar ve arpadır [2].

İnülin, basit bir yapıya sahip bir molekül değildir. Çeşitli uzunluklarda fruktoz birim zincirlerinden (β -(2 $\rightarrow$ 1)-d-fruktosil-fruktoz bağlarıyla bağlanmış) oluşan ve genellikle tek bir glikoz birimi (α -d-glucopyranosoyl bağı ile bağlı) ile sonlanan oligo- ve/veya polisakkaritlerin bir karışımıdır. Terminal glikoz ünitesine sahip inülinler, α -d-glukopiranozil-[β -d-fruktofuranosil]n-1-d-fruktofuranosid (veya fruktooligosakkarit (FOS)) olarak adlandırılırken, sadece fruktoz tarafından oluşturulanlar β -d-fruktopiranosil-[α -d-fruktofuranosil]n-1-d-fruktofuranosid veya inulo-oligo sakkarit olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle, genel formül GF_n veya Fn olarak gösterilebilir, G glikozu, F fruktozu ve n toplam birim sayısını karakterize eder [3].



Şekil 1. İnülin Kimyasal Yapısı [3]

İnülin, çok çeşitli gıda ve farmasötik uygulamalara sahip, doğal, bitki kaynaklı bir depo polisakkarittir. Çok düşük kalori değerine sahiptir, bu nedenle şeker veya yağın yerine geçer, diyet liflerine benzer şekilde hareket eder ve gastrointestinal sistem koşullarının iyileştirilmesine katkıda bulunur. İnülin ve FOS, çözünür diyet lifi olarak sınıflandırılır ve beslenmede etiketleme amacıyla, farklı kaynaklardan elde edilen diyet lifi bileşenleri ile birlikte toplam diyet lifi içeriğine dahil

edilirler. Diğer olası farmasötik uygulamalar arasında, kolonu hedef alan oral yoldan verilen bir ilaç olarak, mide üzerinde olumsuz etkileri olan ilaçların emilimini geciktirmek veya pik gösteren semptomların tedavisinde kullanılması yer alır [4].

Gıda endüstrisinin büyümesiyle bağlantılı olarak sağlıklı yaşam olgusu, gıda alanındaki trendlerden biri haline gelmiştir. Son yıllarda fonksiyonel gıda pazarı, tüketicilerin daha iyi yaşam kalitesi talebine yanıt olarak önemli bir büyüme gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda inülin, yalnızca yararlı sağlık özellikleri için değil, aynı zamanda yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi için teknolojik avantajlar sağladığından da ilgi çekici biyoaktif bileşik olarak dikkat çekmektedir [5].

Inülin, gıda ürünlerinde hidrofilik, jelleşme ve film oluşturma özellikleri nedeniyle endüstriyel olarak yaygın şekilde kullanılan bir tür çözünür diyet lifidir [6]. İnülinin polimerizasyon derecesi (DP), farklı inülinlerin endüstriyel işlenmesini ve fizyolojik özelliklerini etkiler [7]. Genel olarak inülinin, β -(2,1)-fruktosil-fruktoz bağlarıyla bağlı 2-60 fruktoz birimi içeren lineer zincirlere sahip olduğu ve kullanılan bitki türüne, olgunluk derecesine ve ekstraksiyon işlemine bağlı olarak zincir uzunluğu ve polidispersitesinin olduğu bilinmektedir [8]. Bu geniş zincir uzunluğu aralığı, inülini, özellikle gıda ve ilaç endüstrileri olmak üzere farklı alanlarda bir dizi uygulama için faydalı kılmaktadır. Bu nedenle inülin, sakaroz veya yağ ikamesi olarak birçok gıda maddesinde kullanılmaktadır [9].

Inülin, fonksiyonel gıda bileşeni olması yanı sıra antidiyabetik [10-18], kardiyoprotektif [10, 19], hepatoprotektif [13], anti-obesite [10,11,18] ile anti-enflamatuvar ve antimikrobiyal özellikleri [20] nedeniyle farmasötik takviye olarak da kullanılmaktadır.

Literatür verileri incelendiğinde inülinin gıdalarda farklı kullanım alanlarına sahip olduğu görülmektedir. Süt ürünlerinde doku ve ağız hissini geliştirmek için, şeker ikamesi, diyet lifi ve prebiyotik olarak kullanımı ön plana çıkmaktayken [21, 22], et ürünlerinde, doku stabilitesi, yağ ikamesi ve diyet lifi olarak kullanılmaktadır [23]. Ekmek ve dolgularda, doku geliştirmek için, şeker veya yağ ikamesi, lif ve prebiyotik olarak tercih edilmektedir [9, 24]. Kek ve bisküvilerde, nem tutma, şeker ikamesi, lif ve prebiyotik olarak [25-28], diyet takviyelerinde benzer şekilde şeker veya yağ ikamesi, lif ve prebiyotik olarak kullanıldığı görülmektedir [29]. Çocuk formülasyonlarında ağız hissi ve doku geliştirici, stabilite sağlayıcı olarak ve prebiyotik diyet lifi olarak [30, 31], şekerlemelerde, şeker ikamesi, lif ve prebiyotik olarak [29, 32] ve çikolata üretiminde, şeker ikamesi, ısı direncini artırıcı ve lif olarak kullanımı yaygındır [33].

Gerek gıda gerekse farmakolojik olarak yaygın olarak kullanılan ticari inülin ağırlıklı olarak hindibadan üretilmektedir ve ülkemizde üretimi yapılmamaktadır. Bu nedenle ülkemizdeki üretim imkanlarının araştırılması ve olası hammadde kaynaklarının belirlenmesi önem taşımaktadır. Çalışmada inülinin gıda endüstrisindeki yaygın kullanımı ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen papatyagiller ve zambakgiller familyasına ait ayçiçeği (taç kısmı), enginar (yaprak), karahindiba, pırasa, sarımsak, soğan ve yer elmasında inülin içeriklerinin belirlenmesi ve fonksiyonel özelliklerinin saptanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada papatyagiller familyasına ait karahindiba, ayçiçeği, enginar ve yer elması ile zambakgiller familyasına ait pırasa, soğan ve sarımsak materyal olarak kullanılmıştır. Bu bitkilerden karahindiba, pırasa ve soğan materyalleri piyasadan kurutulmuş olarak toz halde temin edilmiştir. Kurutulmuş olarak temin edilemeyen ayçiçeği taç kısmı, enginar yaprağı, yer elması ve sarımsak ise taze olarak

temin edilmiştir. Taze olarak temin edilen materyaller, üzerinde bulunan çeşitli kirlere ve topraktan arındırılmak amacıyla soğuk su ile yıkanmıştır. Yıkanan materyaller kurutmanın etkinliğinin artırılması için küçük parçalar halinde dilimlenmiştir. Ayçiçeğinin taç kısmı ve enginar yaprağı etüvde 60°C’de 3 saat; yer elması ve sarımsak ise yüzeyinde kabuk oluşmaması için sıcaklık kademeli artırılarak 60°C’de 120 dakika, 70°C’de 150 dakika, 80°C’de 90 dakika ve 90°C’de 60 dakika tutularak 60-90°C aralığında toplam 7 saatte kurutulmuş ve öğütücü yardımıyla toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler nem ve ışık almayacak şekilde ambalajlanmış ve analize alınıncaya kadar 15-20°C’de muhafaza edilmiştir.

2.2. Analiz Yöntemleri

Çalışma kapsamında materyallerin inülin, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (TEAC, DPPH ve FRAP) ile renk ve pH değerleri arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

İnülin Analizi: Kurutulmuş örneklerden 1 g alınarak, saf su ile 1:4 oranında karıştırılmıştır. 80°C’de 5 dakika su banyosunda (Elmasonic S 100H, Canada) tutulmuştur. Soğutulduktan sonra örneklerin üzerine 1:5 v/v oranında Seliwanoff reaktifi (Chembio, Türkiye) ilave edilmiş ve 5 dakika vorteks (Thermomac, Almanya) ile karıştırılmıştır. Örnekler 5 dakika su banyosunda aynı sıcaklıkta ısıtılmıştır. Karışım 5000 rpm’de 5 dakika santrifüj (Nüve, Türkiye) edilmiştir. Santrifüjden elde edilen üst fazın, spektrofotometrede (PG Instruments, İngiltere) 520 nm’de absorbans değeri okunmuştur. İnülin standardına (Merck, Almanya) yukarıdaki işlemler uygulanıp konsantrasyon-absorbans grafiği oluşturulmuştur. Grafikte oluşan kalibrasyon eğrisi model standart inülin matrisinde belirlenecek noktalarda 3 tekrar ile çalışılmıştır. Kalibrasyon eğrisinin doğrusalılığı, doğrusal regresyon analizi, uyumsuzluk testi ve F-testi uygulanarak kontrol edilmiştir [34].

Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemleri: Ayçiçeği taç kısmı, enginar yaprağı, karahindiba, pırasa, soğan, sarımsak ve yer elması örneklerinden 4’er g alınarak su-etanol (30:70, v/v) ile 1:5 oranında karıştırılmış ve ön muamele işlemi 80°C’de 37 dakika ve 45 kHz ultrason frekansı normlarında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ekstrakt, filtrelenerek (Whatman No. 3, İngiltere) kullanılıncaya kadar 4°C’de saklanmıştır. Elde edilen örnekler toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite tayin yöntemlerinde kullanılmıştır.

Franke ve ark.’nın [35] tanımladığı spektrofotometrik yöntem uygun şekilde toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Kalibrasyon grafiği; stok gallik asit çözeltisinin (Sigma-Aldrich, Almanya) farklı konsantrasyonlarına Folin-Ciocalteu ayracı (Sigma-Aldrich, İsviçre) ve %20’lik sodyum hidrojen karbonat (NaHCO_3 , Merck, Almanya) ilave edilip, standartlar 100 mL’ye tamamlanıp, 2 saat karanlıkta bekletildikten sonra 760 nm dalga boyunda okunan absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyonlarından standart kurve oluşturulması ile elde edilmiştir. Örnek hazırlama aşamasında ise; 1 g örnek üzerine 5 mL folin (%10’luk; v/v) ve 15 mL NaHCO_3 (%20’lik; w/v) ilave edilip 100 mL’ye tamamlandıktan sonra süzülüş ve 2 saat karanlık ortamda bekledikten sonra 760 nm’de absorbans değerleri kaydedilerek, standart grafikten absorbansa karşılık gelen konsantrasyon değeri seyreltmeler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Örneklerin antioksidan kapasiteleri Re ve ark. [36] tarafından geliştirilmiş spektrofotometrik yöntem kullanılarak “Troluks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC)” yöntemiyle, Brand-Williams ve ark. [37] tarafından açıklanan “DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl)” yöntemiyle ve Benzie ve Strain [38] tarafından tanımlanan “Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü FRAP” yöntemiyle belirlenmiştir.

TEAC yöntemi için, seyreltilmiş ABTS radikal çözeltisi ve PBS çözeltisi belli oranda karıştırılarak 734 nm’de 0.700 absorbans değeri verecek şekilde seyreltilmiş ve başlangıç absorbans değeri kaydedilmiştir. 10 µL ekstrakt ilave edilerek birer dakika arayla 6. dakikanın sonuna kadar absorbans değerleri kaydedilmiştir. Başlangıçtaki ve 6. dakika sonundaki absorbans değerlerinden % inhibisyon oranı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak inhibisyon oranına karşılık gelen örnek miktarları grafiğe aktararak linear regresyon analizi uygulanarak oluşan eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. İşlem basamağında belirtilenler örnek yerine farklı konsantrasyonlardaki (5, 10, 15, 20, 25 µL) troloks standardının ilavesiyle gerçekleştirilmiş ve inhibisyon oranları hesaplanmıştır. Linear regresyon uygulanarak grafiğe yukarıda bahsedildiği gibi aktarılmıştır. TEAC değeri örneğe ait yüzde inhibisyon eğrisinin eğiminin, troloks standart eğrisinin eğimine bölünmesi ile hesaplanmış ve örnekte yapılan seyreltmeler seyreltme faktörü kullanılarak hesaplamaya dahil edilmiştir.

DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemiyle antioksidan kapasite tayini Brand-Williams ve ark. [37] tarafından açıklanan yöntemle göre yapılmıştır. 50 µL ekstrakt veya troloks standart çözeltileri (50 µL) üzerine 1.95 ml 100 µM DPPH ilave edilmiş ve karıştırıldıktan sonra 10 dakika bekletilmiştir. Ardından 517 nm’de absorbans değerleri okunarak sonuçlar “troloks eşdeğeri” cinsinden verilmiştir. Örnekte yapılan seyreltmeler seyreltme faktörü kullanılarak hesaplamaya dahil edilmiştir.

FRAP yöntemiyle antioksidan kapasite tayini Benzie ve Strain [38] tarafından tanımlanan yöntemle göre yapılmıştır. Örnekler (100 µL) veya uygun konsantrasyondaki troloks standart çözeltisi (100 µL) ve 2900 µL çalışma solüsyonu (20 mM sodyum asetat (pH 3.6) tampon çözeltisi, 20 mM sulu demir (III) klorür çözeltisi ve 10 mM sulu TPTZ çözeltisi 10/1/1 oranında karıştırılarak FRAP çalışma çözeltisi elde edilmiştir) karıştırılmış ve 30 dakika karanlık oda koşullarında bekletilmiştir. Süre sonunda 593 nm’de spektrofotometrede absorbans değerleri kaydedilerek sonuçlar “troloks eşdeğeri” cinsinden verilmiştir. Örnekte yapılan seyreltmeler seyreltme faktörü kullanılarak hesaplamaya dahil edilmiştir.

pH Tayini: Örneklere distile su ilave edilerek (1:4 m/v) pH metre (Ohaus, USA) ile ölçüm yapılmıştır [39].

Renk Analizi: Ayçiçeğinin taç kısmı, enginar yaprağı, karahindiba, pırasa, soğan, sarımsak ve yer elmasına ait renk değerleri CR- 300 Chromameter model renk ölçme (Japonya) cihazı beyaz ve siyah standart bir plakada kalibre edildikten sonra Hunter renk ölçüm parametreleri ile L* (parlaklık), a* (kırmızı/yeşil), b*(sarı/mavi) değerleri üç farklı noktada ölçülerek belirlenmiştir [40]. Aşağıdaki formüller kullanılarak toplam renk farkı (ΔE), renk yoğunluğu (ΔC) ve renk tonu (Hue°) değerleri hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta C = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$\text{Hue}^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

İstatistiksel Değerlendirme: Çalışma kapsamında elde edilen veriler IBM SPSS Statistics 21 istatistik programı kullanılarak ANOVA varyans analizine tabi tutulmuştur ve önemli çıkan farklılıklara Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (SPSS, USA, 2021). Ek olarak örneklere ait toplam fenolik madde içerikleri ile antioksidan kapasite değerlerine ait veriler arasındaki korelasyon Pearson korelasyon katsayısı (r) kullanılarak değerlendirilmiştir. Tüm hesaplamalar α=0.05 anlamlılık düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

İnülin İçerikleri: Çalışmanın başlangıcında papatyagiller ve zambakgiller familyasına ait 14 materyalde inülin içerikleri belirlenmiştir. İnülin içeriği 1g/100 g'ın altında belirlenen ayçiçeği sapı, ayçiçeği yaprağı, aspir küspesi, aspir tohumu, aspir yağı, enginar sapı ve kuşkonmaz araştırmadan çıkarılmıştır. Ayçiçeği taç kısmı, enginar yaprağı, karahindiba, pırasa, sarımsak, soğan ve yer elması olmak üzere toplam 7 materyalin inülin içerikleri Tablo 1'de sunulmuştur. Analiz sonucunda en yüksek inülin içeriği sarımsakta tespit edilmiştir. Sarımsağı sırasıyla yer elması, soğan, enginar yaprağı, pırasa, karahindiba ve ayçiçeği taç kısmı takip etmektedir.

Tablo 1. İnülin içerikleri

Örnek	İnülin (g/100g)*
Ayçiçeği Taç Kısmı	1.644±0.124 ^f
Enginar Yaprak	3.544±0.065 ^d
Karahindiba	1.708±0.033 ^{ef}
Pırasa	2.203±0.137 ^e
Sarımsak	20.179±0.188 ^a
Soğan	5.328±0.436 ^c
Yer Elması	10.484±0.586 ^b

*ortalama± standart sapma olarak ifade edilmektedir.

a-f: Örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir (p <0.05)

Literatürde hindiba ve yer elmasında %20'ye kadar, dulavrat otu, karahindiba kökü, yaban havucu, yulaf kökü, pırasa ve kuşkonmazda %15'e kadar, soğanda %2-6 ve buğday unu ile pirinç ununda %1-4 oranlarında inülin varlığı ifade edilmektedir [7]. Analizlerde elde edilen sonuçlar literatür verileri ile karşılaştırıldığında karahindiba hariç uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ayçiçeği, inülin tipi fruktanı yumrular, gövdelerde ve hatta köklerde büyük miktarda biriktiren yer elması (*H. tuberosus* L.) ile yakın akrabadır. Ayçiçeğinin fruktan biriktirmemesinin nedeni bilinmemektedir [41]. Ayçiçeğinin taç kısmında analizle tespit edilen inülin miktarı literatür verileri ile uyum göstermiştir. Enginar yapraklarında saptanan inülin içerikleri, Zeaiter ve ark.'nın [42] elde ettiği sonuçlarla (4.70±1.21 g/100g) benzerlik göstermektedir. Atık enginar yapraklarının inülin kaynağı olarak değerlendirilebileceği dikkati çekmektedir. Karahindibadan elde edilen inülin miktarı literatürde bildirilen verilerle uyumsuzdur. Bunun nedeninin kullanılan ticari ürün kalitesi ve saflığı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. İnsan diyetinde yaygın olarak kullanılan bazı inülin içeren bitkiler arasında pırasa da yer almaktadır [43]. Gupta ve Chaturvedi [44] tarafından pırasanın inülin içeriği 3-10 g/100g olarak belirtilmiştir. Pırasanın inülin içeriği 2.203±0.137 g/100g olarak tespit edilmiş ve daha önceden gerçekleştirilen çalışmalarda sonuçlara yakın sonuçlar elde edilmiştir. İnülin içeren ve yaygın olarak tüketilen bitkiler ise soğan, pırasa, sarımsak, muz, buğday, yer elması, çavdar ve arpadır [2]. Sarımsak, soğan ve yer elmasında tespit edilen miktarlar daha önce yapılan çalışmalarla kısmen uyum göstermektedir. Sarımsakta belirlenen miktarın daha önceki çalışmalardan ortalama %25 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Soğandaki inülin miktarı literatürle uyumludur, yer elmasında tespit edilen inülin miktarı ise Gupta ve Chaturvedi'nin [44] yaptığı çalışmada verilen değerlerden ortalama %37.5 daha düşük çıkmıştır. Analizi gerçekleştirilen bitkilerde çeşit başta olmak üzere çevresel faktörler, yetiştirme koşulları, hasat zamanı ve dolayısıyla verimleri ile elde edilen inülin tipi fruktanların fizikokimyasal özellikleriyle etkileşiminin inülin miktarı konusunda farklılık oluşturduğu düşünülmektedir.

Toplam Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Kapasite: Örneklere ait toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan kapasite tayinlerine ait veriler Tablo 2’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek fenolik madde içeriği karahindibada tespit edilirken bunu sırasıyla enginar yaprağı, soğan, ayçiçeği taç kısmı, yer elması, pırasa ve sarımsak takip etmektedir. Örneklerin toplam fenolik madde içeriklerinde ayçiçeği taç kısmı ve soğan hariç belirlenen istatistiksel farklılık önemlidir ($p<0.05$). Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite değerlerinde incelendiğinde ayçiçeği taç kısmı ve karahindiba hariç belirlenen istatistiksel farklılık önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Analiz edilen örneklerin DPPH ve FRAP sonuçları arasındaki farklar ise tüm örneklerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). DPPH radikal süpürme aktivitesi dikkate alındığında ise karahindiba, ayçiçeği taç kısmı ve enginar yaprağında en yüksek değerler tespit edilmiştir.

Tablo 2. Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite*

Örnek	Toplam Fenolik Madde (mg/L)	DPPH (mg/L)	FRAP (μ mol/L)	TEAC (mg/L)
Ayçiçeği Taç Kısmı	1681.47 $\pm$ 5.96 ^c	3747.83 $\pm$ 8.70 ^b	163.01 $\pm$ 0.35 ^a	7347.18 $\pm$ 23.50 ^a
Enginar Yaprığı	1859.44 $\pm$ 31.27 ^b	3480.19 $\pm$ 6.04 ^c	96.34 $\pm$ 0.20 ^c	6090.76 $\pm$ 15.39 ^b
Karahindiba	1990.69 $\pm$ 32.31 ^a	4397.10 $\pm$ 5.02 ^a	144.02 $\pm$ 0.38 ^b	7403.59 $\pm$ 17.77 ^a
Pırasa	978.08 $\pm$ 40.62 ^e	2416.42 $\pm$ 1.67 ^e	2.94 $\pm$ 0.35 ^g	3514.70 $\pm$ 7.84 ^d
Soğan	1726.67 $\pm$ 51.97 ^c	2331.39 $\pm$ 1.67 ^f	4.42 $\pm$ 0.24 ^f	3123.25 $\pm$ 7.83 ^e
Sarımsak	830.43 $\pm$ 23.01 ^f	1389.37 $\pm$ 3.34 ^g	9.33 $\pm$ 0.55 ^e	1789.91 $\pm$ 10.67 ^f
Yer Elması	1170.17 $\pm$ 3.39 ^d	2846.38 $\pm$ 5.02 ^d	74.75 $\pm$ 0.35 ^d	4186.49 $\pm$ 116.98 ^c

*ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edilmektedir.

a-g: Örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir ($p < 0.05$)

Ayçiçeği çekirdeği, yüksek fenolik bileşik içeriği ve antioksidan aktivitesi nedeniyle biyoaktif bileşiklerin potansiyel bir kaynağı olarak kabul edilir [45]. Yağsız ayçekirdeği tohum ununda toplam fenolik madde içeriği 16.1 mg/g düzeyinde belirlenmiştir [46]. Ayçiçeğinin toprak üstü kısmında bulunan taç kısmının Tablo 2’de verildiği üzere, toplam fenolik madde miktarı tohum yan ürünlerine göre daha yüksektir. Ayrıca, çekirdekleri çıkarılmış olgun başlardan elde edilen diğer ayçiçeği yan ürünlerinde bulunan toplam fenolik madde miktarı önemli ölçüde daha yüksektir [47]. Bununla birlikte, toplam fenolik madde miktarı açısından ayçiçeğinin taç kısmı, yağı alınmış tohum gibi ayçiçeği yan ürünlerine kıyasla daha çok dikkat çekmektedir. Ayrıca, ayçiçeği taç kısmının toplam fenolik madde içeriği ile DPPH içeriği arasında 0.937, FRAP ile 0.968, TEAC ile 0.982’lik r değerleri ile pozitif korelasyon bulunmuştur. Bu korelasyonların yüksek r değerleri, ana fenolik bileşiklerin benzer antioksidan aktivitesinden kaynaklanabilmektedir [48].

Enginar yaprağında elde edilen sonuçlar farklı çalışmalardaki enginar atıklarından elde edilen fenolik madde içeriğine ilişkin sonuçlarla örtüşmektedir [49]. İlaven, toplam fenolik madde içeriklerine ait sonuçlar, üç farklı antioksidan kapasite testinde belirlenen antioksidan kapasite değerleriyle yüksek ve önemli ölçüde ilişkilidir (sırasıyla TEAC, DPPH ve FRAP analizleri için Pearson korelasyon katsayısı 0.902, 0.904 ve 0.909).

Karahindiba örneğinde toplam fenolik madde içeriği Tablo 2’de verildiği üzere 1990.69 $\pm$ 32.31 mg/L olarak tespit edilmiş ve Ivanov’un [50] bildirdiği 33.90 $\pm$ 0.57 mg GAE/g DW sonucundan daha düşük çıkmıştır. Bitki özütlerinin antioksidan aktiviteleri genellikle bunlarda bulunan fenolik asitlerin varlığıyla açıklanmaktadır [50]. Karahindibada toplam fenolik madde içeriği ile DPPH içeriği arasında 0.989, FRAP ile 0.895, TEAC ile 0.910’luk pozitif korelasyon belirlenmiştir.

Mevcut çalışmada, örneklerdeki toplam fenolik madde içeriğinin pırasada 978.08 $\pm$ 40.62 mg/L, soğanda 1726.67 $\pm$ 51.97 mg/L ve sarımsakta 830.43 $\pm$ 23.01 mg/L tespit edilmiştir. Andrejiová ve ark.

[51], soğandaki toplam fenolik madde içeriğinin 105-134 mg/kg aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Armand [52], soğan içindeki toplam fenolik madde içeriğinin 620 mg/kg olduğunu bildirmiştir. Polifenolik bileşikler antioksidan özelliklere sahiptir ve birçok hastalığın önlenmesinde önemli rol oynarlar. Sarımsakta, soğan ve pırasa ile karşılaştırıldığında daha düşük seviyelerde polifenol içeriği saptanmıştır. Priecina [53], sarımsaktaki polifenol miktarının 272.28-1818.81 mg/kg arasında olduğunu bildirmiştir. Değerlendirilen ve karşılaştırılan bir diğer gösterge de soğan, sarımsak ve pırasanın antioksidan aktivitesidir. Sebzelerin antioksidan aktivitesi genellikle β -karoten, L-askorbik asit, E vitamini, kuersetin ve rutin gibi mevcut polifenolik bileşiklerle ilişkilidir [54]. Pırasada toplam fenolik madde içeriği ile DPPH içeriği arasında 0.921, FRAP ile 0.975 ve TEAC ile 0.866'lık pozitif korelasyon belirlenmiştir. Soğanın toplam fenolik madde içeriği üç farklı antioksidan kapasite testiyle bulunan antioksidan kapasite değerleriyle önemli ölçüde ilişkilidir (sırasıyla TEAC, DPPH ve FRAP testleri için Pearson korelasyon r'si 0.937, 0.967 ve 0.953). Sarımsakta ise toplam fenolik madde içeriği ile DPPH içeriği arasında 0.987, FRAP ile 0.968, TEAC ile 0.897'lik pozitif korelasyon belirlenmiştir.

Yer elması örneklerinde ise toplam fenolik madde içeriği 1170.17 ± 3.39 mg/L ve antioksidan kapasite değerleri ise DPPH testiyle 2846.38 ± 5.02 mg/L, FRAP testiyle 74.75 ± 0.35 μ mol/L ve TEAC testiyle 4186.49 ± 116.98 mg/L olarak belirlenmiştir. Catana ve ark. [55] yer elması tozlarında 20.30-44.03 mg GAE/g aralığında yüksek fenolik bileşik değerleri olduğunu bildirmiştir; bu değerler 1.78-6.04 mg Troloks Eşdeğeri/g antioksidan değerlerine karşılık gelmektedir. Karşılaştırıldığında, bu değer Petkova ve ark. [56] tarafından yer elması tozunda bildirilen 1216 mg GAE/g ve Inchuen ve ark. [57] tarafından beyazlatılmış yer elması yumrusu için bildirilen 2.5-5.3 polifenol içeriğinden önemli ölçüde yüksektir. Farklı ekstraksiyon solventleri kullanılarak yapılan ekstraksiyonlarda ise etanolle yapılan ekstraksiyonlardan elde edilen antioksidan aktiviteler (41.49 ± 2.54 ve 41.10 ± 0.10 mg AAE/g) daha yüksek tespit edilmiştir [58]. Yer elmasında toplam fenolik madde içeriği ile DPPH içeriği arasında 0.931, FRAP ile 0.957, TEAC ile 0.919'luk pozitif korelasyon belirlenmiştir.

Renk Değerleri: Örneklerin renk değerleri Hunter renk sistemi esas alınarak belirlenmiştir. L^* , a^* ve b^* değerlerinden oluşan sistem Opponent-color teorisine göre oluşturulmuştur. Bu teoriye göre insan gözündeki reseptörler L^* , a^* ve b^* değerleri aşağıda belirtilen şekilde algılamaktadır. Parlaklığı ifade eden L^* değerinin 0'a yakın olması koyuluğu (siyah) belirtirken 100'e yaklaşması açıklığı (beyaz) tanımlamaktadır. Renk a^* değerinin pozitif (+) olması kırmızılığı, negatif (-) değeri yeşilliği; b^* değerinin pozitif (+) olması sarılığı, negatif (-) değeri ise maviliği ifade etmektedir [59]. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar Tablo.3'de yer almaktadır. Örnekler için L^* değerleri incelendiğinde soğan ve yer elması dışındaki örneklerin L^* değerleri arasında belirlenen farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Analiz edilen örneklerin belirlenen a^* değerlerinin tamamında belirlenen farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Örnekler için b^* ve ΔC değerleri incelendiğinde ise ayçiçeği taç kısmı ve pırasa dışındaki örnekler arasında belirlenen farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Sarımsak, ayçiçeği taç kısmı ve enginar yaprağına ait ΔE değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Hue° değerine ait veriler incelendiğinde enginar yaprağı ve karahindiba ile pırasa ve sarımsak arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$).

Tablo 3. Renk Değerleri*

Örnek	L^*	a^*	b^*	ΔE	ΔC	Hue°
Ayçiçeği Taç Kısmı	44.19 ± 0.47^f	3.29 ± 0.16^b	27.42 ± 0.07^b	52.16 ± 0.37^e	27.62 ± 0.06^b	83.16 ± 0.34^b
Enginar Yaprakı	51.31 ± 0.70^e	-1.37 ± 0.06^e	25.69 ± 0.25^c	57.40 ± 0.74^d	25.73 ± 0.25^c	-86.96 ± 0.11^e
Karahindiba	55.28 ± 1.58^d	-0.99 ± 0.11^d	22.67 ± 0.15^d	59.76 ± 1.51^{cd}	22.69 ± 0.15^d	-87.50 ± 0.30^e
Pırasa	65.83 ± 1.10^b	-4.58 ± 0.09^g	27.08 ± 0.13^b	71.41 ± 1.05^b	27.46 ± 0.12^b	-80.40 ± 0.22^d

Soğan	62.72±0.42 ^c	4.56±0.12 ^a	30.15±0.60 ^a	69.81±0.12 ^b	30.49±0.60 ^a	81.40±0.19 ^c
Sarımsak	82.42±0.88 ^a	-1.85±0.06 ^f	11.56±0.09 ^f	83.25±0.88 ^a	11.71±0.09 ^f	-80.93±0.28 ^d
Yer Elması	60.32±1.56 ^c	0.76±0.10 ^c	15.95±0.19 ^e	62.40±1.56 ^c	15.97±0.19 ^e	87.27±0.36 ^a

*ortalama± standart sapma olarak ifade edilmektedir.

a-g: Örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir (p <0.05)

Analiz sonucunda en yüksek L* değeri sarımsakta tespit edilirken bunu sırasıyla pırasa, soğan, yer elması, karahindiba, enginar yaprağı ve ayçiçeği taç kısmı takip etmektedir. Rengin tonunu ifade eden Hue° değerine göre en yüksek değer yer elmasında belirlenmiştir.

Sarımsak renk parametreleri, çeşidin özelliklerine, yetiştirme koşullarına vb. bağlıdır. Kimura ve ark. [60] ve Ryu ve Kang'ın [61] çalışmalarına göre, L* değeri 75.99–83.63, a* değeri –1.71–2.56, b* değeri 13.42–18.31, ve Hue° 97.24–97.95 değerleri arasında değişiklik göstermektedir. Sarımsakta beyaz, yeşil ve sarı renklerin hâkim olduğunu göstermiştir.

Gökçe ve ark. [62] tarafından 14 farklı soğan çeşidinde gerçekleştirilen renk analizlerinde L*değerinin 28.8–74.0, a* değerinin 35.6–(-3.1), b* değerinin 9.0–(-5.9) aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Lee ve ark. [63], kuru soğan tozları arasında renk özellikleri bakımından önemli ölçüde farklılık tespit etmişler ve bu farklılığın da ürünün kurutma yöntemleri ve koşullarına olan duyarlılığından kaynaklandığını göstermişlerdir. Dondurarak kurutma, hava ile kurutulmuş örneklerden daha yüksek bir L* değeri ve daha düşük a* ve b* değerlerine neden olmuş; bu durum, hava ile kurutmanın renkte daha fazla değişikliğe neden olduğunu göstermiştir. Soğanda tespit edilen değerler daha önceki çalışmalarla uyumludur.

Mevcut çalışmada enginar yaprağına ait renk verileri incelendiğinde rengin yeşil ile koyu mor arasında değiştiği görülmektedir. Enginar yaprağında yüksek açıklık (50'nin üzerinde L* değeri), yeşil tonlar (negatif a* değeri) ve mor tonların yokluğu (belirgin şekilde pozitif b* değerleri) gözlenmiştir. Martínez ve ark.'na [64] göre dış braktelerin rengi, genotipe bağlı olarak yeşil ile koyu mor arasında değişen, çok çeşitli renk tonlarına sahipken, iç braktelerin rengi sarı ile mor tonlarında sarı arasında değişmektedir. Renk, tüketici tercihini ve ürün kalitesini etkileyen en önemli kriterlerden biridir. Kurutulmuş enginar tozunda en çok tercih edileni daha açık renk tonudur. Ancak bu gibi kurutulmuş ürünlerde kurutma koşullarının renk üzerine önemli etkisi mevcuttur. Örneğin fırında kurutma (65°C) ile üretilen enginar tozunun L* (70-80) ve b* (0-10) değerleri, güneşte kurutma (40-55°C) ile kurutulmuş örneklerin L* (80-90) ve b* (10-20) değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bu, fırında kurutulmuş enginar tozunun daha koyu kahverengi bir renk gösterdiğini, güneşte kurutulmuş enginar tozunun ise daha açık sarı olduğunu göstermektedir [65].

Bu çalışmada kullanılan yer elması etüvde kurutma yöntemiyle kurutulmuştur. Yer elmasında L* değeri 60.32±1.56 ve a* değeri 0.76±0.10 olarak tespit edilmiştir. Bu durum da yer elmasında belirlenen renk değişimini doğrulamaktadır. Isıl işlem sırasında, özellikle uygulanan kurutma koşullarına bağlı olarak, bitkisel materyaldeki doğal pigmentlerin yapısal özellikleri ve renkleri genellikle değişir. Pırasaya uygulanan dondurarak kurutma, vakum kurutma ve hava ile kurutma yöntemlerinde elde edilen L* değeri 70.98±1.54 ile 85.79±0.85 arasında, a* değeri –1.24±0.05 ile –9.32±0.10 arasında ve b* değeri 16.15±1.26 ile 29.05±0.29 değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Hem kurutma yöntemi hem de pırasanın kurutulan kısmı, renk parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hava ile kurutma sıcaklığındaki artış genellikle kurutulmuş ürünlerde daha yüksek renk değişimlerine yol açar [66]. Mevcut çalışma kapsamında elde edilen 65.83±1.10 olan L* değeri, materyalin daha yüksek sıcaklıklarda hava ile kurutulması sebebi ile daha koyu bir renge sahip olduğunu göstermiştir. Tespit edilen a* değeri (-4.58±0.09) ve b* değeri (27.08±0.13) beklenen yeşillik ve sarılık değerlerini göstermiştir.

Martinić ve ark. [67] tarafından yapılan çalışmada sprey kurutucu ile kurutulan karahindibanın L* değeri 57.2 ± 0.3 , a* değeri 5.6 ± 0.1 ve b* değeri 28.6 ± 0.2 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda sırasıyla 55.28 ± 1.58 ve 22.67 ± 0.15 olarak ölçülen L* ve b* değerleri ile literatüre yakın parlaklık ve sarılıkta olduğu tespit edilmiştir. Ancak -0.99 ± 0.11 olan a* değeri ile yeşil renk olarak belirlenmiştir. Bu farklılık, sprey kurutucuda karahindibanın kurutma koşullarındaki farklılıklarından kaynaklanabilir.

Genel olarak çalışılan örneklerdeki renk değişimleri ve farklılıkları başta kurutma yöntemi ve sıcaklıkla ilgili olmakla beraber çeşit ve yetiştirme koşullarındaki farklılık da nihai ürün rengini etkilemektedir.

pH Değerleri: Örnekler için pH değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir. Ürünlerin hafif asidik ve nötre yakın olduğu pH değerlerinin 5.59 ile 6.64 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışılan örnekler içerisinde en düşük pH değeri karahindibada (5.59 ± 0.01), en yüksek pH değeri ise yer elmasında (6.64 ± 0.01) ölçülmüştür. Veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde sarımsak ile yer elması arasında ve enginar yaprağı ile soğan örneklerinin pH değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ($p \geq 0.05$).

Tablo 4. pH değerleri

Örnek	pH
Ayçiçeği Taç Kısmı	6.00 ± 0.02^b
Enginar Yaprığı	5.76 ± 0.02^c
Karahindiba	5.59 ± 0.01^e
Pırasa	5.69 ± 0.01^d
Soğan	5.79 ± 0.01^c
Sarımsak	6.60 ± 0.02^a
Yer Elması	6.64 ± 0.01^a

*ortalama± standart sapma olarak ifade edilmektedir.

a-g: Örnekler arasındaki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir ($p < 0.05$)

Literatürde ayçiçeğinin nötr pH değerine yakın olduğu (6.5- 7.5) belirtilmektedir [68]. Yine literatür verilerine göre enginarın 5.6, pırasanın 5.5-6.0, soğanın 5.3-5.8 ve sarımsağın 5.80 – 6.09 pH değerlerine sahip oldukları görülmektedir [69,70]. Karahindibanın pH değerinin 4.2-8.2 arasında [71] ve yer elmasının pH değerinin ise 5.94- 6.37 aralığında olduğu önceki çalışmalarda ifade edilmiştir [72]. Bu çalışmada elde edilen pH değerleri literatürle benzerlik göstermektedir.

4. Sonuç

Çalışma, Türkiye’de yetiştirilen yenilebilir nitelikteki papatyagiller ve zambakgiller familyasına ait bazı bitkilerin inülin içerikleri, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri ile renk ve pH değerlerine ait bilgi sunmaktadır. Bulunan sonuçlara göre, karahindiba hariç olmak üzere farklı bitkisel materyallerin inülin içeriklerinin literatürde yer alan sonuçlarla benzer olduğu tespit edilmiştir. Sarımsak ve yer elması, geleneksel olan ürünlere alternatif olarak ürünün gelişiminin teşvik edilmesine katkıda bulunabilecek umut verici bir doğal inülin kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Çeşitli çevresel koşullar, yetiştirme koşulları ve hasat zamanı gibi faktörlerin ürünlerdeki inülin verimini etkileyen koşullar olduğu düşünülmektedir. Toplam fenolik madde ve

toplam antioksidan kapasitesi arasındaki korelasyon tüm örneklerde 0.866-0.989 arasında tespit edilmiştir.

İnülin ekstraksiyonu için koşullar, incelenen her bitkisel kaynak için optimize edilmelidir. Kolay bulunabilir olması ve düşük maliyeti bitkisel materyallerin, işlevsel bileşenler ve prebiyotikler için hammadde olarak kullanılma potansiyelini destekleyecektir. Ayrıca, bitkinin inülin açısından daha zengin kısımları seçilerek inülin eldesini artırmak mümkün görülmektedir. Yeni inülin kaynakları, gıda endüstrisi için en geleneksel bitki inülin kaynaklarına alternatif ve tamamlayıcı olabilir.

Teşekkür: Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2022/56 numaralı proje ile desteklenmiştir. Elde edilen veriler Prof. Dr. Aslıhan Demirdöven danışmanlığında, Emrah Oral tarafından yürütülen doktora tezine ait sonuçların bir kısmını içermektedir.

5. Kaynakça

- [1] Mensink, M. A., Frijlink, H. W., Maarschalk, K. v., & Hinrichs, W. L. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 130, 405-419.
- [2] Peters, D. (2007). Raw Materials. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology - White Biotechnology* (Cilt 105, s. 8-9). içinde
- [3] Ronkart, S. N., Blecker, C. S., Fourmanoir, H., Fougnes, C., Deroanne, C., Van Herck, J., & Paquot, M. (2007). Isolation and identification of inulinoligosaccharides resulting from inulin hydrolysis. *Analytica Chimica Acta*, 604(1), 81-87.
- [4] Apolinário, A. C., Damasceno, B. P., Beltrão, N. E., Pessoa, A., Converti, A., & Silva, J. A. (2014). Inulin-type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology. *Carbohydrate Polymers*, 101, 368-378.
- [5] Rubel, I. A., Iraporda, C., Manrique, G. D., Genovese, D. B., & Abraham, A. G. (2021). Inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): From its biosynthesis to its application as bioactive ingredient. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 26.
- [6] Arruda, H. S., Silva, E. K., Pereira, G. A., Meireles, M. A., & Pastore, G. M. (2020). Inulin thermal stability in prebiotic carbohydrate-enriched araticum whey beverage. *LWT-Food Science and Technology*, 128, 1-8.
- [7] Kriukova, Y., Jakubiak-Augustyn, A., Ilyinska, N., Krotkiewski, H., Gontova, T., Evtifeyeva, O., Matkowski, A. (2017). Chain length distribution of inulin from dahlia tubers as influenced by the extraction method. *International Journal of Food Properties*, 20, 3112-3122.
- [8] Guimarães, J. T., Silva, E. K., Costa, A. L., Cunha, R. L., Freitas, M. Q., Meireles, M. A., & Cruz, A. G. (2018). Manufacturing a prebiotic whey beverage exploring the influence of degree of inulin polymerization. *Food Hydrocolloids*, 77, 787-795.
- [9] Paciulli, M., Littardi, P., Carini, E., Paradiso, V. M., Castellino, M., & Chiavaro, E. (2020). Inulin-based emulsion filled gel as fat replacer in shortbread cookies: Effects during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 133, 1-9.
- [10] Gaafar, A. M., El-Din, M. S., Boudy, E. A., & El-Gazar, H. H. (2010). Extraction conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers and its effects on blood glucose and lipid profile in diabetic rats. *Journal of American Science*, 6(5), 36-43.

- [11] Cho, K. D., Kim, E. J., Kim, M. Y., Kim, J. S., Han, C. K., & Lee, B. H. (2010). Antiobesity and antidiabetic effects of Jerusalem artichoke and purple sweet potato in the diet-induced obese rats. *The FASEB Journal*, 24, 722-723.
- [12] Yang, H. J., Kwon, D. Y., Kim, M. J., Kang, S., Kim, D. S., & Park, S. (2012). Jerusalem artichoke and chungkookjang additively improve insulin secretion and sensitivity in diabetic rats. *Nutrition Metabolism*, 1(9), 1-12.
- [13] Kim, H. S., & Han, G. D. (2013). Hypoglycemic and hepatoprotective effects of Jerusalem artichoke extracts on streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Science and Biotechnology*, 22(4), 1121-1124.
- [14] Samal, L., Chaturvedi, V. B., Saikumar, G., Somvanshi, R., & Pattanaik, A. K. (2014). Prebiotic potential of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in Wistar rats: Effects of levels of supplementation on hindgut fermentation, intestinal morphology, blood metabolites and immune response. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(8), 1689–1696.
- [15] El-Kholy, W. M., & Mahrous, H. (2015). Biological studies on bio-yoghurt fortified with prebiotic obtained from Jerusalem artichoke. *Food and Nutrition Sciences*, 6(16), 1552.
- [16] Wang, Z., Hwang, S. H., Lee, S. Y., & Lim, S. S. (2016). Fermentation of purple Jerusalem artichoke extract to improve the α -glucosidase inhibitory effect in vitro and ameliorate blood glucose in db/db mice. *Nutrition Research and Practice*, 10(3), 282-287.
- [17] Okada, N., Kobayashi, S., Moriyama, K., Miyataka, K., Abe, S., Sato, C., & Kawazoe, K. (2017). *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke) tubers improve glucose tolerance and hepatic lipid profile in rats fed a high-fat diet. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(5), 439-443.
- [18] Shao, T., Yu, Q., Zhu, T., Liu, A., Gao, X., Long, X., & Liu, Z. (2020). Inulin from Jerusalem artichoke tubers alleviates hyperglycaemia in high-fat-diet-induced diabetes mice through the intestinal microflora improvement. *British Journal of Nutrition*, 123(3), 308-318.
- [19] Tiengtam, N., Khempaka, S., Paengkoum, P., & Boonanutanasarn, S. (2015). Effects of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, 207, 120–129., 120-129.
- [20] Van Doan, H., Doolgindachbaporn, S., & Suksri, A. J. (2016). Effect of *Lactobacillus plantarum* and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) on growth performance, immunity and disease resistance of *Pangasius catfish* (*Pangasius bocourti*, Sauvage 1880). *Aquaculture Nutrition*, 22(2), 444-456.
- [21] Arcia, P. L., Costell, E., & Tárrega, A. (2011). Inulin blend as prebiotic and fat replacer in dairy desserts: Optimization by response surface methodology. *Journal of Dairy Science*, 94(5), 2192-2200.
- [22] Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A., & Costell, E. (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1881–1890.
- [23] Sevane, N., Bialade, F., Velasco, S., Rebola, A., Rodriguez, M. L., Ortiz, L. T., & Dunner, S. (2014). Dietary inulin supplementation modifies significantly the liver transcriptomic profile of broiler chickens. , 9(6), e98942. *PloS One*, 9(6).
- [24] Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2014). Optimization of the formulation of nutritional breads based on calcium carbonate and inulin. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 95-101.
- [25] Zahn, S., Pepke, F., & Rohm, H. (2010). Effect of inulin as a fat replacer on texture and sensory properties of muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(12), 2531-2537.
- [26] Celik, I., Isik, F., Gursoy, O., & Yilmaz, Y. (2013). Use of Jerusalem Artichoke (*Helianthus Tuberosus*) Tubers As A Natural Source of Inulin in Cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5), 483-488.

- [27] Zbikowska, A., Marciniak-Lukasiak, K., Kowalska, M., & Onacik-Gur, S. (2017). Multivariate Study of Inulin Addition on the Quality of Sponge Cakes. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(3), 201-209.
- [28] Tsatsaragkou, K., Methven, L., Chatzifragkou, A., & Rodriguez-Garcia, J. (2021). The Functionality of Inulin as a Sugar Replacer in Cakes and Biscuits; Highlighting the Influence of Differences in Degree of Polymerisation on the Properties of Cake Batter and Product. *Foods*, 10(5).
- [29] Capriles, V. D., Conti-Silva, A. C., & Arêas, J. A. (2021). Effects of oligofructose-enriched inulin addition before and after the extrusion process on the quality and postprandial glycemic response of corn-snacks. *Food Bioscience*, 43, 101263.
- [30] Drabinska, N., Krupa-Kozak, U., Abramowicz, P., & Jarocka-Cyrta, E. (2018). Beneficial Effect of Oligofructose-Enriched Inulin on Vitamin D and E Status in Children with Celiac Disease on a Long-Term Gluten-Free Diet: A Preliminary Randomized, Placebo-Controlled Nutritional Intervention Study. *Nutrients*, 10(11), 1768.
- [31] Kristanti, D., & Herminati, A. (2018). Characteristics of physical, chemical, and organoleptic properties of inulin-enriched pudding as a complementary food. 2. I. Sciences (Dü.). içinde, 251, s. 012032.
- [32] Ferreira, S. M., Capriles, V. D., & Conti-Silva, A. C. (2021). Inulin as an ingredient for improvement of glycemic response and sensory acceptance of breakfast cereals. *Food Hydrocolloids*, 114.
- [33] Morais, E. C., Morais, A. R., Cruz, A. G., & Bolini, H. M. (2014). Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners. *Journal of Dairy Science*. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2600–2609.
- [34] Wibawanti, J., Mulyani, S., Legowo, A., Hartanto, R., Al-Baarri, A., & Pramono, Y. (2021). Characteristics of inulin from mangrove apple (*Sonneratia caseolaris*) with different extraction temperatures. *Food Research*, 5(4), 99-106.
- [35] Franke, S., Chless, K., Silveria, J., & Robensam, G. (2004). Study of a antioxidant and mutagenic activity of different orange juices. *Food Chemistry*, 88, 45-55.
- [36] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 26(9-10), 1231-1237.
- [37] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- [38] Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.
- [39] Lario, Y., Sendra, E., García-Perez, J., Fuentes, C., Sayas-Barbera, E., Fernandez-Lopez, J., & Perez-Alvarez, J. (2004). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 113-117.
- [40] Anonim, Minolta CR-300 Chromameter Operator'S Instruction Manual. (1991). Minolta-Crop. Ramsey, NJ.
- [41] Martínez-Noël, G. M., Dosio, G. A., Puebla, A. F., Insani, E. M., & Tognetti, J. A. (2015). Sunflower: a potential fructan-bearing crop? *Front Plant Sci.*, 12(6), 798.
- [42] Zeaiter, Z., Regonesi, M. E., Cavini, S., Labra, M., Sello, G., & Di Gennaro, P. (2019). Extraction and characterization of inulin-type fructans from artichoke wastes and their effect on the growth of intestinal bacteria associated with health. *BioMed Research International*, 1-8.
- [43] Singh, R. S., & Singh, R. P. (2010). Production of Fructooligosaccharides from Inulin by Endoinulinases and Their Prebiotic Potential. *Food Technol. Biotechnol.*, 48(4), 435-450.

- [44] Gupta, D., & Chaturvedi, N. (2020). Prebiotic potential of underutilized Jerusalem artichoke in Human Health: A Comprehensive Review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 5(1), 97-103.
- [45] Sarkis, J. R., Côrrea, A., Michel, I., Brandeli, A., Tessaro, I., & Marczak, L. (2014). Evaluation of the phenolic content and antioxidant activity of different seed and nut cakes from the edible oil industry. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91, 1773–1782.
- [46] Matthäus, B. (2002). Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 3444–3452.
- [47] Mehmood, A., Zhao, L., Ishaq, M., Safdar, B., Wang, C., & Nadeem, M. (2018). Optimization of total phenolic contents, antioxidant, and in-vitro xanthine oxidase inhibitory activity of sunflower head. *CyTA-J. Food*, 16, 957–964.
- [48] Gai, F., Karamać, M., Janiak, M. A., Amarowicz, R., & Peiretti, P. G. (2020). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Plants at Various Growth Stages Subjected to Extraction—Comparison of the Antioxidant Activity and Phenolic Profile. *Antioxidants (Basel)*, 9(6), 535.
- [49] Moreno, N. J., Cimminelli, M. J., Volpe, F., Ansó, R., Esparza, I., Mármol, I., . . . Azpilicueta, C. A. (2019). Phenolic Composition of Artichoke Waste and Its Antioxidant Capacity on Differentiated Caco-2 Cells. *Nutrients*, 11(8), 1723.
- [50] Ivanov, I. G. (2014). Polyphenols Content and Antioxidant Activities of *Taraxacum officinale* F.H. Wigg (Dandelion) Leaves. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 6(4), 889-893.
- [51] Andrejiová, A. K. (2011). Effect of fertilization and cultivar on total polyphenol content in onion (*Allium cepa* L.). *Nutrition and Health, Proceeding from the Conference, SPU : Nitra*, 12-17.
- [52] Armand, B. A. (2012). Effect of Solar and Electric Drying on the Content of the Phenolic Compounds and Antioxidant activity of three varieties of onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Biology Pharmacy and Allied Sciences*, 1(3), 204-220.
- [53] Priecina, L. K. (2013). Total Polyphenol, Flavonoid Content And Antiradical Activity Of Celery, Dill, Parsley, Onion And Garlic Dried Conventive And Microwave-Vacuum Dryers. *International Conference on Nutrition and Food Sciences*, 5, s. 107-112.
- [54] Kavalcová, P., Bystrická, J., Tomáš, J., Karovičová, J., & Kuchtová, V. (2014). Evaluation and Comparison of the Content of Total Polyphenols and Antioxidant Activity in Onion, Garlic and Leek. *Potravinarstvo® Scientific Journal for Food Industry*, 8(1), 272-276.
- [55] Catană, L., Catană, M., Iorga, E., Lazăr, A. G., Lazăr, M. A., Teodorescu, R. I., . . . Belc, N. I. (2018). Valorification of Jerusalem Artichoke Tubers (*Helianthus Tuberosus*) for Achieving of Functional Ingredient with High Nutritional Value. “Agriculture for Life, Life for Agriculture” Conference Proceedings, (s. 276-283).
- [56] Petkova, N., Ivanov, I., Denev, P., & Pavlov, A. (2014). Bioactive substance and free radical scavenging activities of flour from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tubers: a comparative study. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Science*, 1773-1778.
- [57] Inchuen, S., Porniammongkol, O., & Duangkhamchan, W. (2014). Effect of drying methods on chemical and functional properties of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powders. *Advanced Materials Research*, 931-932, 1512–1517.
- [58] Alyas, N. D., Puteh, F., Zulkifli, N. I., & Hasnan, N. Z. (2021). Evaluation of total phenolic content and antioxidant activities from different type of extraction technique of *Helianthus tuberosus*. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 2(1), 1-12.
- [59] Hunter, R. S., & Harold, R. W. (1987). *The Measurement of Appearance* (Cilt 2. Edition). John Wiley.
- [60] Kimura, S., Tungy, Y., Pan, M., Su, N., Lai, Y., & Cheng, K. (2017). Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. *J. Food Drug Anal.*, 25, 62–70.

- [61] Ryu, J., & Kang, D. (2017). Physicochemical properties, biological activity, health benefits, and general limitations of aged black garlic: Areview. *Molecules*, 22, 919.
- [62] Gökçe, A., Kaya, C., Serçe, S., & Özgen, M. (2010). Effect of scale color on the antioxidant capacity of onions. *Scientia Horticulturae*, 123, 431-435.
- [63] Lee, D. J., Han, J., & Lim, S. T. (2016). Enhancement of Antioxidant Activity of Onion Powders by Browning during Drying Process. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 1, 15-19.
- [64] Martínez, N. G., Martínez, P. A., & Almela, L. (2017). Characterization of Six Artichoke Cultivars and Their Suitability for Agro-industrial Processing. *Journal of Food and Nutrition Research*, 5(4), 234-242.
- [65] Puyanda, I. R., Uriyapongson, S., & Uriyapongson, J. (2020). Influence of drying method on qualities of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tuber harvested in Northeastern Thailand. 42(6), 1279-1285.
- [66] Biernacka, B., Dziki, D., Kozłowska, J., Kowalska, I., & Soluch, A. (2021). Dehydrated at Different Conditions and Powdered Leek as aConcentrate of Biologically Active Substances: AntioxidantActivity and Phenolic Compound Profile. *Materials*, 14(20).
- [67] Martinić, A., Kalušević, A., Lević, S., Nedović, V., Cebin, A. V., Karlović, S., . . . Komes, D. (2022). Microencapsulation of Dandelion (*Taraxacum officinale* L.) Leaf Extract by Spray Drying. *Food Technology and Biotechnology*, 60(2).
- [68] Sutradhar, A., Lollato, R. P., Butchee, K., & Arnall, D. B. (2014). Determining Critical Soil pH for Sunflower Production. *International Journal of Agronomy*, 2014(1).
- [69] Boonpeng, S., Siripongvutikorn, S., & Sae-wong, C. (2014). The antioxidant and anti-cadmium toxicity properties of garlic extracts. *Food Science and Nutrition*, 2(6), 1-10.
- [70] McGlynn, W. (2003). The Importance of Food pH in Commercial Canning Operations. The Oklahoma State University Cooperative Extension Service Food Technology Fact Sheet(118), 1-8. <https://www.clemson.edu>. adresinden alınmıştır
- [71] Holm, L., Doll, J., Holm, E., Pancho, J., & Herberger, J. (1997). *World Weeds: Natural Histories and Distribution*. Wiley and Sons, Hoboken.
- [72] Abou-Arab, A. A., Abou-Arab, E. A., & Abu-Salem, F. M. (2008). Physical and Functional Properties of Jerusalem Artichoke Flour Produced by Different Drying Methods. *J. Agric. Sci. Mansoura Univ.*, 33(11), 7891 - 7903.