



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TUNCELİ DAĞ SARIMSAĞI VE ARABAN SARIMSAĞINDAN SİYAH
SARIMSAKLARIN ÜRETİM OLANAKLARI VE DEPOLAMA SIRASINDA
MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLER**

SELCEN GÜÇLÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

**Şanlıurfa
2024**

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TUNCELİ DAĞ SARIMSAĞI VE ARABAN SARIMSAĞINDAN SİYAH
SARIMSAKLARIN ÜRETİM OLANAKLARI VE DEPOLAMA SIRASINDA
MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLER**

SELCEN GÜÇLÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU

**Şanlıurfa
2024**

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında kıymetli bilgi birikimi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, çok değerli destek ve değerlendirmeleri için danışman hocam sayın Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU'na saygılarımı sunar ve teşekkür ederim.

Değerli yorum ve önerileriyle tezime katkıda bulunan jüri üyelerim sayın Doç. Dr. Fatma HEPSAĞ ve sayın Dr.Öğretim Üyesi Ahmet Sabri ÜNSAL hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın duyuşal analizinde düşünce ve önerilerinden faydalandığım bölüm hocalarıma, yüksek lisans tez çalışmam süresince görüş ve önerileriyle farklı bakış açıları kazanmamı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Sabri ÜNSAL ve Prof. Dr. Hasan VARDİN'e, Doç. Dr. Mehmet Ali KOÇAKOĞLU'na teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmaları sırasında yardımları için Melike YÜCETEPE'ye ve Esra DENİZ'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans dönemim boyunca manevi desteklerini hiç esirgemeyen, her zaman yanımda olan İbrahim ÇADIRCI'ya, Ayşe Gül CAN'a, ve Emine HALVACIOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca beni her zaman destekleyen yüksek lisans eğitim sürecim boyunca her koşulda yanımda olan çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen her yorulduğumda beni ayağa kaldıran babam İdris GÜÇLÜ'ye annem Süliye GÜÇLÜ'ye kardeşlerim Muhammet GÜÇLÜ'ye ve Selçin GÜÇLÜ'ye teşekkürü bir borç bilir, sonsuz saygılarımı sunarım.

“Tunceli Dağ Sarımsağı ve Araban Sarımsağından Siyah Sarımsakların Üretim Olanakları ve Depolama Sırasında Meydana Gelen Değişiklikler” isimli tez çalışmamı maddi olarak destekleyen Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ii
SİMGELER	iii
KISALTMALAR	iv
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	35
3. GEREÇ VE YÖNTEM	58
4. BULGULAR	66
5. TARTIŞMA	78
6. SONUÇLAR	100
7. ÖNERİLER	103
KAYNAKLAR	104
ÖZGEÇMİŞ	136
EKLER	137



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUNCELİ DAĞ SARIMSAĞI VE ARABAN SARIMSAĞINDAN SİYAH SARIMSAKLARIN ÜRETİM OLANAKLARI VE DEPOLAMA SIRASINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLER

SELCEN GÜÇLÜ

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU

Yıl: 2024, Sayfa : 177

Dünyada yaygın tüketilen bir sebze olan sarımsak (*Allium sativum* L.), yapılan çalışmalarla, sarımsağın sahip olduğu biyoaktif bileşiklerinin antioksidan, antiinflamatuvar, antibakteriyel, antifungal, kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu, antikanser, gastrointestinal sistemi koruyucu, antidiyabetik, anti-obezite ve sindirim sistemini destekleyici özellikler gösterdiği ortaya konmuştur. Araban sarımsağı, *Allium sativum* L. türüne ait olup; Gaziantep'in Araban ilçesinde iri, baş kabuk rengi beyaz, eti krem-sarı renktedir. Tunceli dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum*) Tunceli ili Munzur Dağları eteklerinde yer alan Ovacık, Pertek, Nazimiye ve Pülümür ilçelerinde, sadece Türkiye'de yetişen endemik bir türdür. Siyah sarımsak, taze sarımsağın belirli bir süre kontrollü şartlar altında, yüksek sıcaklıkta (60-90°C) ve yüksek nemde (%70-90) 40-45 günde fermentasyona bırakılmasıyla üretilmektedir. Siyah sarımsak üretimi sırasında birçok reaksiyon gerçekleşmekte, bunlar içerisinde en önemlisi Maillard reaksiyonudur.

Yapılan bu çalışmada coğrafi işaretlerini yeni almış, önemli potansiyele sahip olan Tunceli ve Araban sarımsağı genel bileşim özellikleri (pH, titrasyon asitliği, kül, şeker, protein, kuru madde), toplam fenolik, antioksidan (DPPH), fenolik madde fraksiyonu, organik asit, renk, yağ asitleri, aroma ve duyu analizleri yapılmıştır. Aroma ve yağ asitleri GC/MS; şeker ve organik asit HPLC; fenolik madde fraksiyonu LC-MS/MS kullanılarak analizleri yapılmıştır. 65°C'de üretilen siyah sarımsakların antioksidan kapasiteleri taze ve 80°C'de üretilen siyah sarımsaklara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Taze Tunceli sarımsağında toplam şekerin taze Araban sarımsağından daha fazla olduğu gözlenmiştir. Araban sarımsağında major şekerin ise fruktoz (312.996 mg/L); taze Tunceli sarımsağında ise major şekerin sakkaroz (558.089 mg/L) olduğu belirlenmiştir. Siyah sarımsaklarda toplam şekerin (4568.707 mg/L- 21490.963 mg/L) daha fazla olduğu, depolama süresince de miktarsal olarak azaldığı görülmüştür. Siyah sarımsakların daha fazla fenolik bileşik içerdiği belirlenmiş, siyah Tunceli sarımsaklarında major fenolik bileşik asetohipoksamik asit, siyah Araban sarımsaklarında major fenolik bileşik kafeik asit olduğu tespit edilmiştir. Taze ve siyah sarımsaklarda toplam 26 aroma bileşiği tespit edilmiştir. Taze Tunceli ve taze Araban sarımsağında ve bu sarımsaklardan üretilen siyah sarımsaklarda baskın aroma bileşiği miktarsal olarak methanediol, dichloro- (CAS) olarak belirlenmiştir. Aroma bileşiklerinin çeşitliliği karşılaştırıldığında taze Tunceli ve siyah Tunceli sarımsağının Araban çeşitlerine göre daha fazla çeşitlilik içerdiği görülmüştür. Taze ve siyah sarımsaklarda yapılan duyu değerlendirilmede, taze ve siyah içinde en çok Araban sarımsağının beğenildiği ve depolama boyunca kendine has koku, rengi ve tadı muhafaza ettiği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELELER: Tunceli sarımsağı, fenolik madde, siyah sarımsak, Araban sarımsağı, glukoz

ABSTRACT

MASTER THESIS

PRODUCTION POSSIBILITIES OF BLACK GARLIC FROM TUNCELI MOUNTAIN GARLIC AND ARABAN GARLIC AND CHANGES DURING STORAGE

SELCEN GÜÇLÜ

HARRAN UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
FOOD ENGINEERING

Thesis Supervisor: Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU

Year: 2024, Page : 177

Garlic (*Allium sativum* L.), a widely consumed vegetable in the world, has been shown in studies to have antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial, antifungal, protective against cardiovascular diseases, anticancer, gastrointestinal system protective, antidiabetic, anti-obesity and digestive system supportive properties. Araban garlic belongs to the *Allium sativum* L. species; It is found in the Araban district of Gaziantep. It is large, its head shell is white and its flesh is creamy-yellow. Tunceli mountain garlic (*Allium tuncelianum*) is an endemic species that grows only in Turkey, in Ovacık, Pertek, Nazimiye and Pülümür districts, located at the foothills of the Munzur Mountains in Tunceli province. Black garlic is produced by fermenting fresh garlic for a certain period of time under controlled conditions, at high temperature (60-90°C) and high humidity (70-90%) for 40-45 days. Many reactions take place during the production of black garlic, the most important of which is the Maillard reaction.

In this study, the general composition characteristics (pH, titratable acidity, ash, sugar, protein, dry matter), total phenolic, antioxidant (DPPH), phenolic substance fraction, organic acid, color, fatty acids, aroma and sensory analyzes were performed. Aroma and fatty acids GC/MS; sugar and organic acid HPLC; Phenolic substance fraction was analyzed using LC-MS/MS. It was determined that the antioxidant capacities of black garlic produced at 65°C were higher than fresh black garlic produced at 80°C. It was observed that the total sugar in fresh Tunceli garlic was higher than in fresh Araban garlic. The major sugar in Araban garlic is fructose (312.996 mg/L); It was determined that the major sugar in fresh Tunceli garlic was sucrose (558.089 mg/L). It was observed that total sugar (4568.707 mg/L - 21490.963 mg/L) was higher in black garlic and decreased in quantity during storage. It was determined that black garlic contains more phenolic compounds, the major phenolic compound in black Tunceli garlic is acetohydroxamic acid, and the major phenolic compound in black Araban garlic is caffeic acid. A total of 26 aroma compounds were detected in fresh and black garlic. The dominant aroma compound in fresh Tunceli and fresh Araban garlic and the black garlic produced from these garlics was determined quantitatively as methane, dichloro- (CAS). When the diversity of aroma compounds was compared, it was seen that fresh Tunceli and black Tunceli garlic contained more diversity than Araban varieties. In the sensory evaluation of fresh and black garlic, it was seen that Araban garlic was the most liked among fresh and black garlic and that it preserved its unique smell, color and taste throughout storage.

KEYWORDS: Tunceli garlic, phenolic substance, black garlic, Araban garlic, glukoz

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Allium sativum L.	2
Şekil 1.2.	Sarımsak ekstraktlarında bulunan önemli organosülfür bileşikleri	4
Şekil 1.3.	Diallil sülfür, Diallil disülfid, Diallil trisülfid	10
Şekil 1.4.	Sarımsaktaki organosülfür bileşikleri	10
Şekil 1.5.	Allisin oluşumu	13
Şekil 1.6.	Tunceli Dağ Sarımsağı	15
Şekil 1.7.	Gaziantep – Araban Sarımsağı	18
Şekil 1.8.	Taze sarımsağın ısı ile işleme siyah sarımsak oluşum süreci	20
Şekil 3.1.	Gaziantep/Araban sarımsağı □	58
Şekil 3.2.	Tunceli dağ sarımsağı	58
Şekil 3.3.	Fermentasyon sonucunda elde edilen Tunceli ve Araban siyah sarımsakları	58
Şekil 3.4.	Siyah sarımsakların depolanması	59
Şekil 5.1.	Taze ve siyah sarımsakların spektrumları	87



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Allium sativum L.'nin taksonomik sınıflandırılması	2
Çizelge 1.2.	Sarımsak bileşenleri	11
Çizelge 1.3.	Sarımsak ürünlerinin etken aktivitelerinin karşılaştırılması	14
Çizelge 1.4.	Allium tuncelianum'un sistematigi	16
Çizelge 1.5.	Tunceli dağ sarımsağı Analiz Sonucu	16
Çizelge 1.6.	Araban Sarımsağı Analiz Sonucu	19
Çizelge 1.7.	Taze sarımsaktan ısıtma işlemiyle siyah sarımsak üretiminde meydana gelen değişiklikler	21
Çizelge 1.8.	Taze ve siyah sarımsağın genel bileşimi	22
Çizelge 1.9.	Siyah sarımsağın işleme koşullarına bağlı olarak meydana gelen değişimler	23
Çizelge 1.10.	Siyah sarımsakta istenilen ve istenmeyen bileşikler ve nedenleri	32
Çizelge 4.1.	Taze sarımsaklara ait genel bileşim özellikleri	66
Çizelge 4.2.	Siyah Tunceli sarımsağına ait genel bileşim özellikleri	66
Çizelge 4.3.	Siyah Araban sarımsağına ait genel bileşim özellikleri	67
Çizelge 4.4.	Farklı değişkenlerin fermentasyon işlemi uygulanan sarımsakların bazı özellikleri üzerine etkisi	68
Çizelge 4.5.	Taze ve siyah Tunceli sarımsakların fenolik bileşimleri	69
Çizelge 4.6.	Taze ve siyah Araban sarımsakların fenolik bileşimleri	70
Çizelge 4.7.	Taze ve siyah Tunceli sarımsakların yağ asitleri bileşimleri	71
Çizelge 4.8.	Taze ve siyah Araban sarımsakların yağ asidi bileşimleri	72
Çizelge 4.9.	Taze ve siyah Tunceli sarımsakların aroma miktarları	73
Çizelge 4.10.	Taze ve siyah Araban sarımsakların aroma miktarları	75
Çizelge 4.11.	Taze ve siyah Tunceli sarımsakların organik asit miktarları	77
Çizelge 4.12.	Taze ve siyah Araban sarımsakların organik asit miktarları	77
Çizelge 5.1.	Taze ve siyah sarımsakların duyu analizi özelliklerinden tat/koku/renk/ağızda bıraktığı his/gecikmiş tat değerlerinin çeşit ve üretim sıcaklığı meydana gelen değişimler	96

SİMGELER

%: Yüzde

g : Gram

L: Litre

p : Anlamlılık düzeyi



KISALTMALAR

5-HMF	: 5-(hidroksimetil)-2-furfural
ABTS	: 2,2'- Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline- sulfonic acid)
AMS	: Alil metil sülfür
AMSO	: Alil metil sülfoksit
B1	: Tiamin
B2	: Riboflavin
B2	: Riboflavin
BHA	: Bütillendirilmiş hidroksi anisol
BHT	: Bütillendirilmiş hidroksi toluen
DADS	: Diallil disülfid
DAHS	: Diallil hexasülfid
DAPS	: Diallil pentasülfid
DAS	: Diallil sülfid
DATS	: Diallil trisülfid
DATTS	: Diallil tetrasülfid
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
FDA	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GC-MS	: Gaz Kromatografisi – Kütle Spektroskopisi
GC-MS/O	: Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi-olfaktometrisi
HMFA	: 5-hidroksimetil-2-furoik asit
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
KM	: Kuru Madde
LC-MS/MS	: Sıvı kromatografisi-kütle spektrometrisi
NF-κB	: T ranskripsiyon faktörü
TAC	: Toplam antioksidan kapasite

1. GİRİŞ

Günümüzde sağlıklı beslenmeye yönelik toplumsal çalışmaların artması; obezite, kronik hastalıklar ve kanserin görülme sıklığında artış yaşanması ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi konularda tüketici bilincinin gelişmesiyle birlikte; doğal ve fonksiyonel ürünlere olan talep artmaya başlamıştır. İlaç ve kozmetik alanında üretilen sentetik ilaçların neden olduğu yan etkilerinden dolayı bağışıklık sistemini korumak için en etkili yol taze sebze ve meyve tüketmekten geçmektedir (İzol, 2016; Yüksel, 2022; Zor, 2006). Meyve ve sebzelerin sahip olduğu sekonder metabolitler, fenolik asitler, selenyum, potasyum gibi mineraller, A, D, E gibi değerli vitaminler ve biyoaktif fitokimyasal bileşikler sayesinde çocukların büyüme ve gelişmesinde; inme, diyabet, astım, kronik kalp ve akciğer gibi kronik hastalıklar, kanser ile obezitenin önlenmesinde etkili olduğu Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından özellikle vurgulanmaktadır (Abdul Khalil ve ark., 2018; Corbo ve ark., 2015). USDA diyet kılavuzuna göre uzmanlar; günlük 400 g ya da üç – beş porsiyon arasında sebze ve meyve tüketimini şiddetle tavsiye etmektedir (Lee ve ark., 2004; Yüksel, 2022). Ülkemizde kişi başına düşen yıllık sarımsak tüketimi şehirden şehre değişim göstermekle birlikte ortalama 1,5-2 kg olduğu bilinmektedir (Şat ve Binici, 2023). Yapılan araştırmalarla, bağışıklık sistemi güçlendirmek için günde 1.8 g'dan az ve 10 g'dan fazla tüketildiğinde etkili olmadığı belirlenmiş ancak klinik çalışmalarda fazla sarımsak tüketiminin insan vücudunda herhangi bir toksik ya da yan etkiye neden olduğu saptanamamıştır (Abdullah ve ark., 1989; Kandil ve ark., 1987).

1.1. Sarımsak (*Allium sativum* L.)

Sarımsak (*Allium sativum* L.) *Alliaceae* (Zambakgiller) türüne bağlı ve *Allium* (soğangiller) familyasının değerli sebze çeşitlerinden biri olup 1753 yılında İsviçreli bilim adamı Linne tarafından keşfedilmiştir. Bu bitkiyle ilgili bilimsel çalışmalar 19. yüzyılın ikinci yarısında Louis Pasteur'un 1858 yılında sarımsağın antibakteriyel özelliklerini keşfetmesiyle başlamış, 1932'de Albert Schweitzer Afrika'da amipli dizanterinin tedavisi için sarımsak kullanmıştır (Lanzotti, 2006). Yüzyıllardır yemeklerde baharat olarak kullanılmasının yanı sıra sağlık üzerine yararlı etkilerinden dolayı geleneksel tıpta da kullanılmakta olup, mitolojide '**ölüme meydan okuyan bitki**' olarak tanınmakta ve 5000 yıllık geçmişi ile günümüzde de sağlık, ekonomi, bilim ve sosyal alanında önemini korumaktadır (İbret, 2013). *A. sativum*'un sistematik yeri Çizelge 1.1. de verilmiştir (Habtemariam, 2019; Block, 1985).

Çizelge 1.1. *Allium sativum* L.'nin taksanomik sınıflandırılması

ALEM: PLANTAE
ALTALEM: TRACHEOBİONTA
BÖLÜM: MAGNOLIOPHYTA
SINIF: LİLİOPSİDA
ALTSINIF: LİLİİDAE
TAKIM: LİLİALES
AİLE: LİLİCEAE
CİNS: ALLİUM
TÜR: ALLİUM SATİVUM L.

Sarımsağın ortaya çıkışıyla bilim insanları bu sebzeyi ilk başlarda *Amaryllidaceae* (Nergisgiller) türü altında incelemişler ancak fizikokimyasal bileşiklerinin de zamanla keşfiyle *Alliaceae* türüne ait olduğu kararına varmışlardır (Rabinowich ve Brewster, 1990; Brewster 1994; Sevim, 2021). Günümüzde Dünya genelinde yaklaşık olarak 600 sarımsak çeşidi bulunmuştur ve yapılan araştırmalarla bu sayı gün geçtikçe artmaktadır (Akan, 2014).

Şekil 1.1. *Allium sativum* L.

M.Ö. 2600-2100 tarihlerine dayanan tabletlerde, duvar yazılarında elde edilen bilgilere göre sarımsağın M.Ö. 2600'lü yıllarda kullanılmaya başlandığı

tahmin edilmekte ve merkezi Orta Asya kabul edilmektedir (Haris ve ark., 2001; Baytop, 1999). Sarımsak, hastalıkların tedavisinde, bağışıklık sistemini korumada yardımcı olduğu yönündeki kabul edilen görüşler nedeniyle hem geleneksel hem de modern tıpta özel ilgi görmüştür (Sahidur ve ark., 2023). Sarımsağı; Hititler iştahsızlığı gidermek için, Antik Yunan'da sporcular olimpiyat oyunlarında performans arttırıcı olarak, Hintliler ise yara ve ülser tedavilerinde antiseptik olarak kullanmıştır. Heredot M.Ö. 450 yıllarında Mısır'da Keops Piramidi'nin yapımında çalışan işçilerin salgın hastalıklara karşı bağışıklık kazanmaları ve güçlü kalmaları için günde üç defa sarımsakla beslendiklerini yazmıştır. Aynı zamanda Osmanlı tarihinde de sarımsağın tedavi amaçlı kullanıldığı görülmektedir (Baytop, 1999; İbret, 2005). Ünlü hekimbaşı Nasrullahoğlu Salih tarafından hastalıkları tedavi etmek amacıyla ilaç olarak sarımsağı kullanırken, ünlü seyyah Evliya Çelebi Seyahatnamesi'nde sarımsaktan özellikle bahsetmiştir (İbret, 2005).

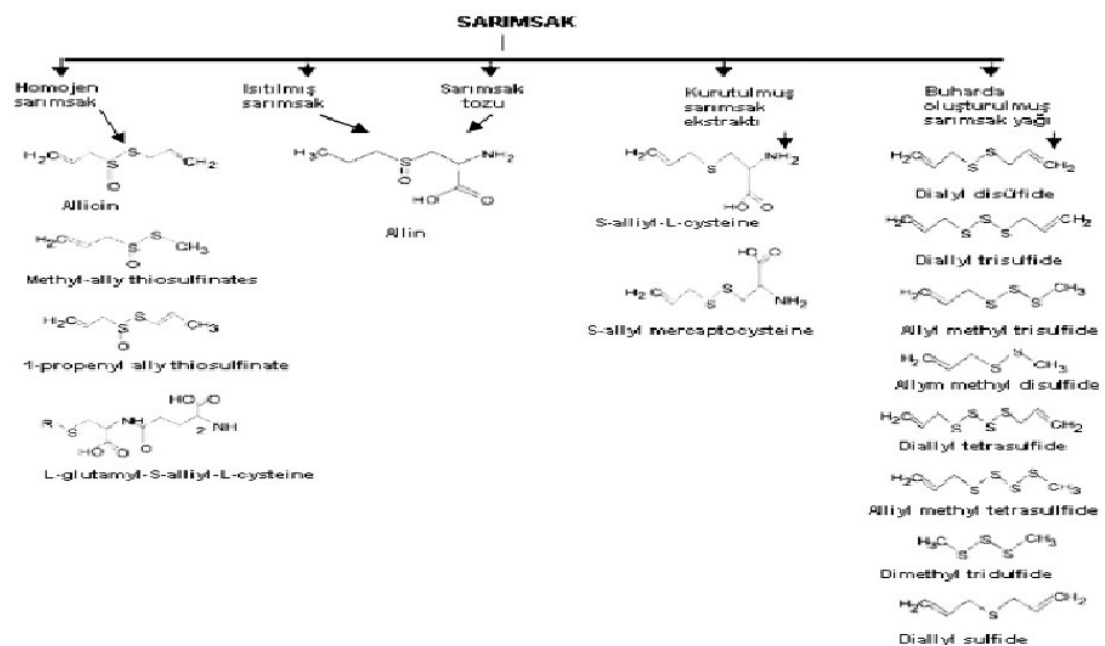
Allium türleri üzerine yapılan gen araştırmaları sonucunda Dünya'da 750 çeşidi Allium türü bulunmuş olup 170 çeşidi ülkemizde bulunmaktadır. Bu türlerin % 40'ı endemik tür olmasından dolayı bu türün anavatanı olarak kabul edilmiş ve Türkiye 'Küçük Asya' olarak adlandırılmıştır (Takım ve ark., 2018; Rice-Evans ve ark., 1997).

Taze sarımsak; flavanoid, asidik bileşikler, dialil sülfat, alisin, ajoen, alliin gibi sarımsağa has kokusu ve lezzetini veren sülfür bileşikler; protein, lif, serbest aminoasitler, allinaz, peroksidaz, mirosinaz, gibi enzimler; karbonhidratlar, (özellikle sakkaroz ve glikoz), fenolik bileşikler; A, B, C ve E vitaminleri; selenyum, germanyum, potasyum, fosfor, kalsiyum, demir ve rubidyum gibi mineralleri içermektedir (Khuda Buksh ve ark., 2014; Ichikawa ve ark., 2006; Lanzotti, 2006; Beatove ark., 2011; Turfan ve ark., 2016).

Allium türleri içinde akrabalığı olan soğanın tüketiciler tarafından daha fazla tüketilmesine rağmen araştırmacıların en çok dikkatini çeken, ancak kokusu ve tadı sebebiyle de kötü bir şöhrete sahip olan sarımsağın; içerdiği bileşikler açısından zengin olması, sakinleştirici özelliği, bağışıklık sisteminde etkin rol oynayan beyaz kan hücrelerinin işlevinin geliştirmesi, bağışıklık sistemini bozan civa gibi toksik metalleri temizlemesi, antimikrobiyal, antiprotozoal, virüsidal, antibakteriyel, ağrı kesici, antikanserojen özelliklerinin yanı sıra deri hastalıkları, solunum ve sindirim hastalıkları ve kalp damar hastalıklarını tedavi edici özelliği nedeniyle araştırmacılar tarafından doğal antibiyotik olarak nitelendirilmiştir. Yüzyıllardır ilaç olarak hastalıkların tedavisinde kullanımı devam eden ve kaynağını bu değerli sebzedен

alan ticari ilaçların sayısı gün geçtikçe artış göstermektedir (Kemper, 2000; Losling 2003; Lanzotti, 2006; Erşahin, 2020).

Sarımsak sofralarda sadece çiğ ya da pişirilerek tüketilen sebzelerden olmayıp gıdalara lezzet verme amacıyla kullanılmasının yanı sıra; günümüzde baharatlarda, yemeklerde tüketiciler tarafından kullanılması ve alternatif tıpta tercih edilmesi kullanım alanının çok geniş bir yelpazeye sahip olduğunu göstermektedir (Vural ve ark., 2000; Erşahin, 2020). Tüketiciler arasında kullanımında farklılık olsa da; yaş sarımsak, kurutulmuş sarımsak, siyah sarımsak, sarımsak tozu, sarımsak suyu, sarımsak tabletleri, kokusu alınmış sarımsak tozu tabletleri, yağda bekletilmiş sarımsak, balda bekletilmiş sarımsak, sarımsak yağı, kapsüllenmiş sarımsak yağı veya suyu, sarımsak püresi, sarımsak suyu ve dondurulmuş sarımsak olarak gıda sektöründe yerini almaktadır. Sarımsağın sahip olduğu olumsuz tadı ve kokusu nedeniyle tüketiciler tarafında tüketimi oldukça sınırlıdır. Bu nedenlerden dolayı sarımsağın sahip olduğu bu olumsuzlukları gidermek, lezzetini, besin değerini ve ürün çeşitliliğini arttırmak için ısıl işlem, fermentasyon gibi çeşitli tekniklere başvurulmuştur (Kang, 2016(a); Medina ve ark., 2019 ; Özaydın ve ark., 2020; Huang ve ark., 2023). Çeşitli sarımsak ekstraktlarında bulunan önemli organosülfür bileşikleri Şekil 1.2. de verilmiştir (Banerjee ve ark., 2003).



Şekil 1.2. Sarımsak ekstraktlarında bulunan önemli organosülfür bileşikleri

Fonksiyonel gıda tüketimi, hastalıkların ortaya çıkmasının engellenmesinde ya da tedavisinde kullanılmak için en iyi stratejilerden biri olmuştur. Bu kavram, sağladığı faydalardan ötürü tüketiciler arasında büyük yankı uyandırmış ve fonksiyonel gıda pazarını büyötmeye zorlamıştır. Fonksiyonel gıdaların sağladığı faydaları göz önünde bulunduran araştırmacılar da bitkisel kökenli bileşiklerin fonksiyonel ve farmakolojik özelliklerini anlamak için çeşitli çalışmalar yürötmektedir (Birch, 2019; Rao ve ark., 2004; Saeed ve ark., 2021). Günümüz dünyasında hareketliliğinin azalması, beslenme tarzının değışmesiyle birlikte obezite ve kilo sorunları ortaya çıkmış ve bu sorun gün geçtikçe dünya çapında büyük bir sağlık riski olarak ortaya çıkmaktadır (Nomura ve ark., 2008; Karalis ve ark., 2009). Aşırı gıda tüketimi ve durağan yaşam tarzı obeziteye katkıda bulunmakla birlikte karaciğer yağlanması ve hasarı, hiperlipidemi, diyabet ayrıca kalp hastalıkları vb. hastalıkların da görölme sıklığının artmasına neden olmaktadır (Armitage ve ark., 2009). Yapılan çalışmalarla sarımsağın fonksiyonel bileşenlerinin obezite ve bu hastalıkla açığa çıkan diğer hastalıkların tedavisinde etkili olduğı bildirilmiş, epigallocatechin-3-gallate, rutin, gallik asit, o-kumarik asit gibi birkaç önemli doğal bileşik özellikle obezite tedavisinde önemli kabul edilmektedir. Yapılan klinik çalışmalarla ortalama 4-12 hafta süreyle sarımsak tüketen bireylerde kan basıncının, oksidatif stresin ve hiperlipidemisinin azaldığı, lipit profilinde düşüş yaşandığı ve yağ doku mobilizasyonunu ve insülin direncini düzelttiğı rapor edilmiştir (İlgün ve ark., 2022; Yanovski ve Yanovski, 2002; Demirci ve Büyöktüncer, 2021).

Sarımsağın kandaki fibrin ve plak oluşumunu azaltarak kalp krizi riskini düşürdüğünü, hatta bu özelliğı ile aspirinden daha etkili olduğı iddia edilmektedir. Bu pıhtılaşmayı önleyici etkisi sarımsağın sahip olduğı kükürtlü bileşik olan ajoenin etkili olduğı düşünölmekte, ancak bu madde oda sıcaklığı ve üzerindeki sıcaklıklarda aktif olması sebebiyle çiğ ya da kurutularak dondurulmuş sarımsaklarda bulunmamaktadır. Özellikle Asya ve Avrupa'da tüketiciler sarımsağı günlük olarak tüketmekte ancak hemorajik rahatsızlıkları olan kişilerin yüksek miktarlarda ajoen ihtiva eden sarımsak ürünlerini kullanmamaları uzmanlar tarafından bildirilmektedir (Ayaz ve Alpsoy, 2007; Lemar ve ark., 2005). Yapılan araştırmalarla sarımsağın sahip olduğı kükürtlü bileşiklerin yanı sıra, quersetin ve siyanidin gibi biyoflavonoidlerin de hastalıkların ve enfeksiyonların tedavisinde büyük öneme sahip olduğı belirlenmiştir. Ruslar, 18 yüzyıldan itibaren boğmaca ve grip tedavisinde kullanması gibi, L.Pasteur tarafından da antibiyotik özellikleri de ispatlanmıştır. Ülkemizde sarımsak geleneksel tedavi yöntemle taze olarak lapa şeklinde yara üzerine sürölerek kullanılmaktadır (Ahsan ve İslam, 1996; Bordia ve ark., 1977; Yoshida ve ark., 1998; Hanafy ve ark., 1994).

Sarımsak uçucu yağının ana bileşenlerinden olan DATS, diallil tetrasülfid (DATTS), diallil pentasülfid (DAPS), ve diallil hekzasülfid (DAHS) gibi sülfür atomuna daha fazla sahip olan bileşiklerin antimikrobiyal aktivitesi DADS gibi daha az sülfür atomu içeren bileşiklerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Ross ve ark., 2001). Sarımsak antibakteriyel özelliği sayesinde *Helicobacter pylori*, *E.coli*, *Lactobacillus casei*. gibi bir çok gram negatif ve gram pozitif bakterilerle karşı çok etkili olduğu ve bu özelliğinin de alisinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Cellini ve ark., 1996; Lemar ve ark., 2005). Fungal enfeksiyonların tedavisi güçtür, bu amaçla kullanılan ilaçlar toksik özellik gösterir ve uzun süre ilaç kullanımında ilaca karşı direnç gösterebilmektedirler. Schmidt ve Marquardt, ilk kez 1936'da sarımsağın antifungal etkisini keşfetmişlerdir (Haris ve ark., 2001). Allisinin fungistik özelliğinden dolayı aspergillus, candida, torulopsis, trichophyton, cryptococcus, trichosporon ve rhodotorula gibi mikroorganizmalara karşı etkili olduğu çalışmalarla ispatlanmıştır (Yousuf ve ark., 2011). Yapılan bir araştırmada, kriptokokkal menenjit denilen öldürücü ve nadir görülen hastalığa karşı sarımsak uygulamasının tıbbi ilaçlara göre çok daha etkili olduğu ve doz miktarı önemli olmaksızın toksik etki göstermediği belirlenmiştir. Başka bir çalışmada, kişilerdeki yüksek kan şekeri kandaki maya enfeksiyonunu artırma özelliği göstermesi ve sarımsağın kan şekeri düşürme özelliğinden dolayı, maya enfeksiyonlarının tedavisinde sarımsak ekstra bir tedavi yöntemi olarak olanak sunmaktadır (Frontling ve Bulmer, 1978; Prasad ve Sharma, 1980; Gao ve ark., 1993).

Modern antibiyotiklerin keşfiyle sarımsak hastalıklarla olan mücadelesinde popülaritesini yitirse de, sarımsağın özellikle boğaz enfeksiyonlarına karşı antibiyotiklerden daha etkili olduğu yapılan çalışmalarla bildirilmiştir. Geleneksel Asya tıbbında sarımsak hala büyük önemi korumakta olup; sarımsak suyu olarak tifo ve menenjitte, sarımsak buharı olarak boğmacada, sarımsak fitilleri olarak maya enfeksiyonlarında ve sarımsak çorbası olarak da zatürrede kullanıldığı bilinmektedir. Bilim adamları; sarımsağın sahip olduğu allisin bileşiğinden kaynaklanan özellikle de antibiyotiğe dirençli mikroorganizmalara karşı etkili olan bu özelliği, günümüz tıbbi tedavilerde daha fazla yer verilmesi gerektiğini düşünmektedirler (Ayaz ve Alpsoy, 2007; Imai ve ark., 1994; Vural ve ark., 2000; Soffar ve ark., 1991).

Kanser-savar olarak kabul edilen sarımsak, bağışıklık sistemini destekleyici özelliğinden dolayı, tümör oluşumu başlatabilecek ya da yayılmasını destekleyecek etkiye sahip olan karsinogenler, immün sistemin desteklenmesi ile yok olmaktadır. Allinaz ve diğer bileşiklerin özellikleri sayesinde sarımsağın sahip olduğu bu etki

çeşitli çalışmalarla da desteklenmiş olup, yapılan bir çalışmada kanserli farelerin sarımsak ekstraktı ile beslendiğinde tümör oluşumunu durdurduğunu ve kanser hücrelerinde mutasyona yol açtığı belirlenmiştir. Özellikle Çin, Kore, İtalya ve Tayland'da fazla miktarda sarımsak tüketen kişilerin, mide kanserine karşı korunduğu tespit edilmiştir (El-Mofty, 1994; Fleischauer ve ark., 2000; Ramakrishnan ve ark., 1989).

Son yıllarda bilim insanlarının hastalıklara karşı koruyucu özelliği olan doğal yapılı bileşiklere karşı ilgisi ve özellikle vücudu serbest radikallerin neden olduğu hasardan koruma özelliğine sahip bileşiklerin araştırılmasına yönelik yoğun istekleri giderek artmaktadır (Aydın ve ark., 2004; Couladis ve ark., 2003). Antioksidan aktiviteye sahip bileşikler de bitkilerde yüksek seviyelerde bulunmakta olup araştırmalarla bu bileşiklerin çeşitli hastalıkları engellemedeki rolü tespit edilmiştir (Capecka ve ark., 2005; Velioğlu ve ark., 1998). Bitkilerden elde edilen ve serbest radikalleri zararsız hale getirip antioksidan özellik taşıyan biyoaktif bileşiklere fitokimyasallar olarak adlandırılmaktadır (Sakar ve Tanker, 1991). Bitkilerden elde edilen fitokimyasal bileşikler, hastalıkları tedavi etme özelliklerinin yanı sıra son yıllarda özellikle kanser tedavisinde de kullanım alanı da bulmuştur. Fitokimyasal bileşiklerden örneğin alkaloidler ve fenolikler özellikle kanser veya tümör önleyici aktivite göstermeleriyle, karotenoidler ise kanser engelleyici etkileriyle ön plana çıkmaktadırlar. Alkaloidler, kanserli hücrelerin hücre döngüsü boyunca ilerlemesini engellerken, fenolik bileşikler daha çok hücre döngüsü, kontrol proteinleri ve apoptozis mekanizmasının uyarılması üzerinde etki göstermektedir (Pillia, 2004; Ayaz ve Alpsoy, 2007; Lemar ve ark., 2005).

Sarımsak gibi allium grubu sebzelerin düşük ya da yüksek tüketimi olan bölgeler arasında kanser görülme oranının farklılık gösterdiği, yüksek düzeyde tüketilen bölgelerdeki kişilerin, düşük ya da hiç tüketmeyen kişilere oranla mide kanserine yakalanma riskinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir. Sarımsağın kanseri önleme mekanizması günümüzde hala pek anlaşılamamış olması ile birlikte, sindirim sistemindeki güçlü kanserojenler olarak kabul edilen nitrozaminleri bloke etme yeteneğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Çalışmalarla sarımsağın göğüs, mide, kolon ve rektum kanserine sebep olan karsinojenlere karşı canlı dokular için koruma sağladığını belirlenmiştir (Fleischauer ve ark., 2000; Özçelik ve ark., 2006).

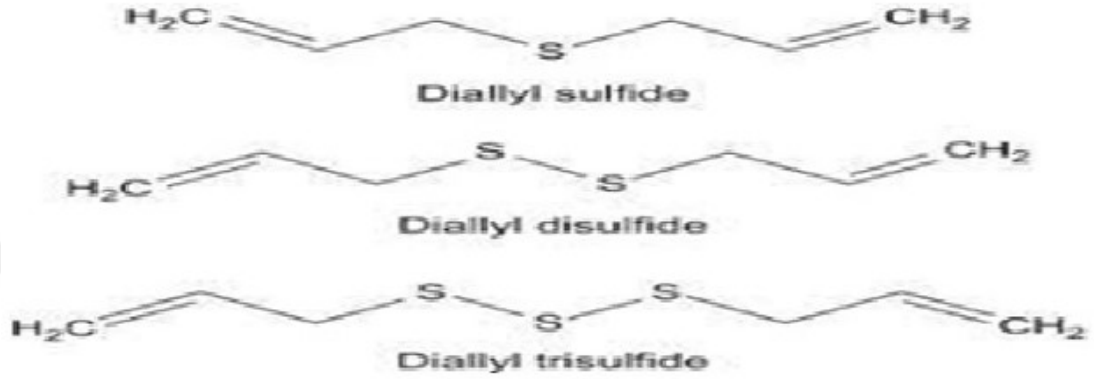
Son otuz yıl içerisinde çok sık kullanılan bir terim olan antioksidan ifadesi, vücudumuzdaki hücrelere zarar verme potansiyeli olan oksidasyon ajanlarına ya da serbest radikallere karşı korunmamıza yardımcı olan A, C ve E vitaminleri, β -

karoten, bioflavanoidler ve selenyum gibi bileşikleri içermektedir. Başka bir ifade ile antioksidanlar, serbest radikallerin oluşumunu engelleyerek veya mevcut radikalleri süpürerek hücrenin zarar görmesini engelleyen ve yapısında genellikle fenolik fonksiyon taşıyan moleküllerdir (Kahkonen ve ark., 1999; Kozan, 2012). Sarımsağın sahip olduğu olağanüstü bir antioksidan olan sülfihidril bol miktarda bulunur ancak çiğ sarımsakta bu etkiyi gösterememekte hatta istenmeyen kısmi bir oksidan etkiye de sahiptir. Sarımsak radyasyona karşı koruma özelliği gösterdiğinden, serbest radikallerin sahip olduğu zararlı etkilerinin azaltılmasına da yardımcı olup, kanser, prematüre yaşlanma gibi çeşitli hastalıkların görülme riskini de azaltmaktadır. Sarımsak ayrıca antioksidan özelliği bulunan sistein, glutamin, izolösin ve metionin gibi amino asitleri içermekte ve bu antioksidan özelliğini hasadından yaklaşık altı aya kadar muhafaza ettiği bilinmektedir (Durak ve ark., 2004; Imai ve ark., 1994; Ayaz ve Alpsoy, 2007).

Sanayileşmenin artmasıyla doğadaki kurşun, civa, kadminyum, arsenik ve bakır kirliliği, bu metallerin besin zincirine girmesi ve vücutta biyolojik olarak birikmesi dolayısıyla insan sağlığını tehdit etmesi küresel bir sorun haline gelmiştir. Plastik üretimi, pil üretimi ve pestisitler gibi ürünleri üreten endüstriler metal kirliliğinin ana kaynaklarıdır. Ayrıca metallerin çevrede birikmesi sonucu bitkisel kökenli ürünler de gıdadaki metal birikmesinin başlıca kaynaklarıdır (Pari ve ark., 2007; Morkmek ve ark., 2010; Boonpeng ve ark., 2014). Bu metallerin vücudumuzun nötralize etmesi en zor olan toksinlerin çiğ sarımsak ekstraktının, vücut zehirlenmesine karşı etkin şekilde koruyabileceği gerek insanlarda, gerek hayvanlarda ağır metallerin zehirli etkisinin eritrosit membranını tahrip etmesini önleyebileceği bildirilmiştir. Yapılan çalışmada, kronik kurşun zehirlenmesinden ve sanayi tesislerinde çalışan işçilere günlük diyetlerine ek olarak sarımsak verildiğinde kurşun zehirlenmesi septomlarının iyileştiği ve yüksek tansiyona sahip işçilerin tansiyon seviyelerinin normal seviyeye düştüğü tespit edilmiştir (Lemar ve ark., 2005; Karasaki ve ark., 2001; Haris ve ark., 2000).

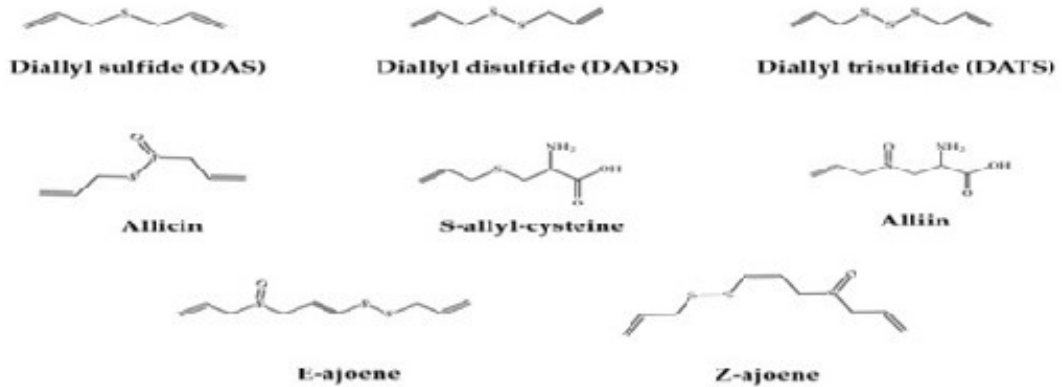
Kalori değeri 140 olan taze sarımsakta temel olarak karbonhidrat (% 36), yağ (% 0.5) ve protein (% 6) bulunmaktadır. Karbonhidratlar; fruktan (23.2 - 27.8 g/100g), sakkaroz (0.6 - 0.7 g/100g) , fruktoz (0.1g/100g) ve glikoz (0.004 - 0.05 g/100g) olarak bulunmaktadır. Ayrıca sarımsak polisakkaritleri % 85 fruktoz, % 14 glikoz ve % 1 galaktoz içermektedir (Huang, 2023).Başka bir çalışmaya göre sarımsağın yapısında% 60 su, % 28 karbonhidrat, %8.4 protein ve % 0.1 yağ bulunduğu belirtilmiştir (Ahmed ve Wang, 2021; Babat, 2023). Ayrıca sarımsaktaki uçucu yağının ana bileşenlerinden olan organosülfür (dialil sülfür (DAS)), dialil

tiyosülfonat (allisin), dialil trisülfid (DATS), dialil disülfid (DADS), diallil heksasülfid (DAHS), diallil pentasülfid (DAPS), S-allil-sistein (SAS) ve S-allil-sistein sülfoksit (alliin) gibi değerli bileşiklere sahiptir (Sun ve ark., 2020; Abdulrahman ve ark., 2021). Saf allisinin oda sıcaklığındaki ömrü 2 - 16 saat olduğu belirlenmiş olup, yukarıda belirtilen organosülfür bileşikler kararsız bir bileşik olan allisinden meydana gelmektedir (Fırat, 2005).



Şekil 1.3. Diallil sülfür, Diallil disülfid, Diallil trisülfid

Sarımsakta bulunan organo kükürt bileşiklerinin DAS (diallyl sülfür), DADS (diallyl disülfür), SAC (s-allil sistein), NAC (N-asetil sistein) non-enzimatik antioksidan etkilerini incelemek için yapılan çalışmalar sonucunda bu bileşiklerin lipid stabilitesini artırdıklarını gözlemlenmiştir (Yin ve ark., 2002; Bansal ve Ansari, 2018). Ayrıca bu bileşikler sarımsağa anti-kanser ve antioksidan özellikleri katan en önemli bileşikler olduğu bildirilmiştir (Devrim, 2004).



Şekil 1.4. Sarımsaktaki organosülfür bileşikleri

Sarımsağa özgü aroma ve kokuyu kazandıran, karbon ve kükürt içeren bir kimyasal yapıya sahip en önemli organosülfür bileşiklerden biri alliin (S-allil-L-

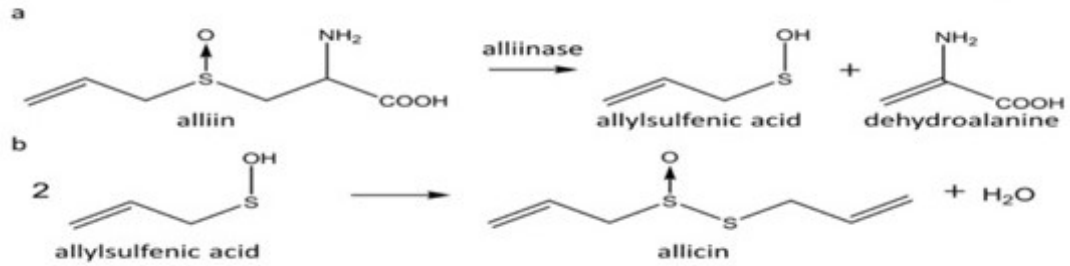
sistein sülfoksid)'dir. Yapılan çalışmalar sonucunda allinin renksiz, stabil, katı ve kokusuz olduğu tespit edilmiştir (Stoll ve Seebeck 1948; Bocchini ve ark., 2001). Alliin, hidrojen peroksitin neden olduğu, lipid peroksidasyonundan endotel hücreleri koruduğu gibi, mannitol ve dimetik sülfoksit (DMSO) gibi kuvvetli OH- radikali temizleyicilerinden çok daha yüksek serbest radikal engelleme aktivitesine sahiptir. Yani sarımsak ekstraktı yalnızca lipid peroksidasyonuna engel olmaz, bununla birlikte OH.- bağlı lipid peroksidasyonunu önlemektedir (Kournakis ve Rekka, 1991; Yamasaki ve ark., 1994; Prasad ve ark., 1996; Wei ve ark., 1998). Sarımsakta 33'den fazla sülfür bileşiği, enzimler, allisin, alliin ve ajoen gibi kükürtlü bileşikler, kateşin epikateşin, resveratrol, kumarik, klorojenik asit gibi fenolik bileşikler, C vitamini, E vitamini tiamin, riboflavin, niasin gibi bir dizi vitamin, glutamin, asparagin, glutamik asit, lisin, triptofan, valin gibi 17'den fazla aminoasit, enzimler (allinaz, peroksidaz, ve mirasinaz) selenyum demir ve magnezyum gibi bir dizi mineral bulunmaktadır (Lee ve Harnly, 2005; Raghu ve ark., 2012; Baytop, 1999; Kütevin ve Türkeş, 1987).

Sarımsağın kalbi olarak da tabir edilen allisin (2-propen-1- sülfinoik asit S-2- propenil ester) kükürtlü uçucu yağdır. Bir diş sarımsak ortalama 4-5 mg alisin içermektedir Allium türlerine has lezzet, allinaz enzimi sarımsağın zedelenmesiyle açığa çıkmakta ve allini allisine dönüştürerek kazandırmaktadır (Horev-Azaria ve ark., 2009). Bu reaksiyon sırasında açığa çıkan amonyak ve pirüvik asit sarımsağa özgü kokuyu kazandırır. Sarımsağın istenmeyen tat ve aromasına neden olan allisin fiziksel işlemlere maruz kaldığında alil metil sülfid ve alil merkaptan gibi uçucu maddelere parçalanmaktadır (Abe ve ark., 2021). Allinaz, Stoll ve Seebeck'in (1948) yaptığı araştırmalarla ilk kez sarımsakta keşfedilmiştir (Borlinghaus ve ark., 2014). Kesilmiş taze sarımsağın aromatik kokusunu oluşturan saf allisin sarımsak yağlı bir sıvıdır (Iberl ve ark., 1990, Leontiev ve ark., 2018). Sarımsak; allisin, alliin, S-allil sisteinler, tiacremonon, DADS, DAS ve DATS gibi birçok aktif kükürt bileşiğe sahip olup, DADS ve DATS allisinin parçalanmasıyla açığa çıkarlar ve sarımsağın kendine has kokusundan sorumludur (Rybak ve ark., 2004; Nagella ve ark., 2014).

Çizelge 1.2. Sarımsak bileşenleri

Sarımsak bileşenleri		
Karbonhidratlar	Arabinoz, Sakkaroz, Fruktoz, Maltoz, Nişasta, Glukoz, Fruktan	Lee ve Harnly, 2005, Jangam ve ark., 2014, Şaşmaz, 2021, Yoo ve ark., 2014, Koder ve ark., 2017
Mineraller	Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, Se	Mansingh ve ark., 2018, Ankri ve Mirelman, 1999, Nasr, Alshali, 2020, Rahman, Lowe, 2006, Fleischauer, Arab, 2001
Aminoasit	Aspartik asit, Serin Histidin, Glisin, Arjinin (en fazla bulunur), Tirozin, Sistein, Valin, Metiyonin, Triptofan Fenilalanin, İzolösin, Lösin, Lisin	Yoo ve ark., 2014, Jing, 2020, Amagase ve ark., 2001, Lanzotti ve ark., 2013, Torres-Palazzolo ve ark., 2018, Rahman, Lowe, 2006
Vitaminler	Askorbik asit (C) (baskın olan), Menadion (K ₃) E vitamini, Tiyamin (B ₁), Pantotenik asit (B ₅), Biyotin (B ₇), Riboflavin (B ₂), Niasin (B ₃), Linolenik asit (F)	Torres-Palazzolo ve ark., 2018, Diretto ve ark., 2017, Hang, 2005, Nagella ve ark., 2014
Sülfürlü Bileşikler	Kobalamin, Alliin Allisin, S- Alil merkaptosistein Dialil sülfid, Dialil disülfid Dialil trisülfid, Alil merkaptan, Alil metil sülfid	Amagase ve ark, 2001, Şaşmaz, 2021
Su	(%65)	Şaşmaz, 2021
DİĞERLERİ	Palmitik asit, Oleik asit, Linoleik asit, Flavonoidler	Koyuncu, 2013, Şaşmaz, 2021

Allisin ve alliin antiparazitik, antibakteriyel, antimikotik, antiviral, antikanserojenik etkileri olan özel maddelerdir (Rybak ve ark., 2004; Nagella ve ark., 2014; Shang ve ark., 2019). Allisinin oluşumu sarımsak dişlerin kesilmesi, ezilmesi veya çiğnenmesinden yaklaşık 6 saniye sonra tamamen oluştuğundan çiğ sarımsakta herhangi bir fiziksel problem oluşturmamaktadır; ancak allisin oluşumu çok hızlı gerçekleştiğinden ve pH 3.5'in altında geri dönüşümsüz olarak inhibe olabilmesi nedeniyle önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Lawson ve Huges, 1992, Lawson ve ark., 2001; Sahidur ve ark., 2023).



Şekil 1.5. Allisin oluşumu

Allisin düşük konsantrasyonlarda antioksidan aktivitesi yüksek iken, yüksek konsantrasyonlarda pro-oksidan özellik gösterebildiği ve LDL oksidatif modifikasyonunu, tümör ilerlemesini önlediğini ve aflatoksinden kaynaklanan DNA hasarını engellediği belirlenmiştir (Yarnell, 1999; Zor, 2006; Cavallito ve Bailey, 1994; Sermenli, 2006). Allisin taze sarımsakta toplam ağırlığın % 4'ü toplam tiyosülfınatların % 70'ini oluşturan tiyosülfınattır (Block ve ark., 1991; Rybak ve ark., 2004). Allisin ve diğer tiyosülfınatların oda sıcaklığında bir gece bekletilmesi sonucunda % 9'u bozulmaktadır (Lawson ve ark., 1992). Yapılan araştırmalar, allisin ve tiyosülfınat çözeltileri oda sıcaklığında organik bir çözöde daha az stabil olduğunu göstermiştir. Allisin çözeltisi 4°C'de 2 ay, -20°C altındaki sıcaklıkta 4 ay 70°C'da 2 yıl stabil kalmaktadır (Lawson ve Wang, 2001; Rybak ve ark., 2004; Zor, 2006). Sarımsağın antimikrobiyal özelliğinden sorumlu diğer önemli bir bileşiğide ajoendir. Isı yoluyla allisinden oluşan diallil disülfıt ile allisin birleşince ajoen oluşur. Yapılan araştırmalarla ajoenin antifungal ve antimikrobiyal özellikleri belirlenmiştir (Rybak ve ark., 2004; Mc Elnay ve Po, 1991). Sarımsak iklim, toprak gibi coğrafi koşulları açısından fazla seçici olmayan bir bitki olmasından ötürü ölkemizin birçok coğrafi bölgesinde yetiştirilmektedir. Türkiye'de en çok yetiştirilen sarımsak türü Kastamonu Taşköprü Sarımsağı olmasının yanı sıra Mürdük, Birecik, Araban ve Tunceli Dağ Sarımsağı üretimi fazla olan sarımsak çeşitlerindendir (Sevim, 2021; İbret, 2005).

Çizelge 1.3. Sarımsak ürünlerinin etken aktivitelerinin karşılaştırılması

ÜRÜN	ETKEN MADDE	ETKEN AKTİVİTE	REFERANS
Bütün taze sarımsak	Allisin, ajoen	Anti-kanserojen, anti-atherosikloratik, anti-bakteriyal, kolesterol düşürücü	Lawson ve Gardner, 2005, Badr ve El-Mulhim, 2014
Kurutulmuş sarımsak	Allisin, ajoen	Anti-kanserojen, anti-atherosikloratik, anti-bakteriyal, kolesterol düşürücü	Lawson ve Gardner, 2005, Sivam ve ark., 1997, Jonkers ve ark., 1999
Buhar-destilasyonlu sarımsak yağı	Allil sülfürler	Anti-bakteriyal, anti-kanserojen	O'Gara ve diğerleri, 2000
Yağ maseratı	Vinil-dithiinler	Kolesterol düşürücü, anti-atherosiklerotik, bağışıklık güçlendirici	Lee ve ark., 2011, Park ve ark., 2014, Imai ve ark., 1994, Börek, 2001
Siyah Sarımsak Ekstraktı	S-allilsistein	Kolesterol düşürücü, anti-atherosiklerotik	Kim ve diğerleri, 2013

1.2. Tunceli Dağ Sarımsağı (*Allium tuncelianum* K.)

Ülkemizde Tunceli ili sınırları içerisinde doğal yayılış gösteren 14 farklı *Allium* türü içerisinde sarımsak özelliğine sahip tek tür Tunceli dağ sarımsağıdır. Kendine has koku, lezzetinin yanı sıra içerdiği biyokimyasal bileşikler (allisin, ajoen, alliin gibi) açısından da kültür sarımsağı ile benzerlik göstermektedir (Ekşi ve Koyuncu, 2012; Dal, 2021).

Tunceli Dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum*) yıllardır yöre halkı tarafından soğanları ve yaprakları baharat ve sebze olarak tüketilen, Elazığ ve Tunceli illerinin Munzur Dağları eteklerinde yer alan Ovacık, Hozat, Pertek ve Pülümür ilçelerinde yetişen ve bilim insanları tarafından keşfi de çok yakın zamanlara dayanan endemik bir türdür (Yıldız ve ark., 2022; Yanmaz ve Ermiş, 2005). Bu sebeplerden dolayı Tunceli sarımsağı ya da Ovacık sarımsağı olarak, yabancı literatürde ise ‘Türk soğanı’ olarak adlandırılmaktadır (İpek ve ark., 2008). Yöre halkı tarafından ‘Kaya Sarımsağı’ adı altında satılmaktadır (Yanmaz ve Ermiş, 2005). Kollman (1983) tarafından *A. macrochaetum*’un alt türü olarak tanımlanmış ancak yapılan filogenetik araştırmalar ve taksonomik sınıflandırmalar sonucunda *Allium tuncelianum*’un *A. sativum* L.’nin vahşi atası olabileceği ve yaprak yapısı, lezzeti, sahip olduğu kimyasal bileşikler ve kokusu gibi özelliklerin ortak olduğu sonucuna varılmıştır (Özhatay ve ark., 1997; Karakaya ve ark., 2019; Yüksel, 2022). *Allium tuncelianum*’un orijinal olarak *Allium macrochaetum* Boiss and Haussk subsp. *tuncelianum* Kollman adlandırılmıştır (Takım, 2015). Ayrıca Tunceli Dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum*)’nın sahip olduğu fitokimyasal bileşiklerinin antikanser ve antibakteriyel özelliklerinin önemli oranda olduğu belirlenmiştir (Takım, 2015; Takım, 2020).



Şekil 1.6. Tunceli Dağ Sarımsağı

Tunceli Dağ Sarımsağı’nın yöre halkı tarafından bilinçsizce evsel ve tıbbi amaçla doğadan toplanması, arazi erozyonu, komşu türler arasında rekabeti, diş oluşumunun yetersiz kalması, çimlenme süresinin uzun olması (2 - 4 yıl) ve yabancı alanlarda tarım faaliyetleri gibi artan insan faaliyet sonucu nesli tükenme ile karşı karşıya kalmıştır (Kizil ve ark., 2017). Bu nedenlerden dolayı ‘Tehlike Altındaki Türlerin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme (CITES)’ kapsamında Tunceli

Tarım ve Orman İl Müdürlüğü tarafından toplanması yasaklanmış ve Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı'nda koruma altına alınmıştır (Karaaslan- Ayhan ve ark., 2019; Ekim ve ark., 2000; Acay, 2018). *Allium tuncelianum*'un sistematigi Çizelge 1.4.'de verilmiştir ((Takım, 2015; Takım, 2020).

Çizelge 1.4. *Allium tuncelianum*'un sistematigi

Takım: Liliales
Familiya: Liliaceae (Amaryllidaceae)
Cins: Allium
Tür: Allium tuncelianum Kollman

Allium tuncelianum' un keşfiyle monocotyledonea (tek çenekliler) sınıfının, Liliflore takımının, Liliaceae familyasının Allium cinsine dahil edilmiştir. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda, özellikle tek dişli yapıya sahip olması ve çiçek açarak tohum vermesinden dolayı bu sarımsak türünün diğer Allium türlerinden çok daha farklı olduğu anlaşılmış ve özel tür seviyesi verilerek *Allium tuncelianum* olarak adlandırılmıştır (Takım, 2015; Yogurtcu, 2016). Tunceli Dağ Sarımsağı; 1-2 dişli sahip olup, sahip olduğu kabuk sayısı diğer sarımsak çeşitlerine göre daha az ve 18-20 °C 'de uzun süre depolanabilmektedir (Hirscheegger ve ark., 2010; Kosar ve ark., 2006). Tunceli dağ sarımsağı biyolojik olarak aktif, organik kükürt bileşikleri ve allisin ihtiva etmektedir. *Allium tuncelianum* tüketiminin, vücudun bağışıklık sistemini uyardığı, kan şekeri ve kolesterol seviyesini düşürdüğü, kan dolaşımını düzenleyip bu sebeple kalp krizi riskini azalttığı çalışmalarla bildirilmiştir. Ayrıca yüksek miktarda p-kumarik asit içermekte ve *A. sativum* L. 'den daha fazla omega asit içermesinden dolayı antioksidan ve antiradikal aktivitesinin daha güçlü olduğu belirlenmiştir (Yıldız ve ark., 2022; Karakan, 2021). Tunceli sarımsağında bulunan etkin maddeler (allisin 0,08 µg, alliin 0,36 µg) kültür sarımsağı ile benzerdir ve fiziksel - kimyasal özellikleri Çizelge 1.5.'de verilmiştir (T.P.M.K., 2018).

Çizelge 1.5. Tunceli dağ sarımsağı Analiz Sonucu

Analiz	Değer
Enerji	124 kcal / 100 g
Nem	63.14 g / 100 g
Kül	0.91 g / 100 g
Protein	2.38 g / 100 g
Karbonhidrat	28.10 g / 100g
Diyet lif	5.24 g / 100 g
Yağ	0.23 g / 100 g
E vitamini (α-Tokoferol)	0.54 g / 100 g
B₁ vitamini (tiamin)	0.083 g / 100 g
B₂ vitamini (riboflavin)	0.05 g / 100 g
B₆ vitamini (piridoksin, pridoksal, piridoksamin)	0.18 g / 100 g
Folik asit	66.70 μ g / 100 g
Niasin (Nikotinamid, nikotinic asit)	1.03 mg / 100 g
B₁₂ vitamini (siyanokobalamin)	0.132 μ g / 100 g
K1 vitamini (fillokinon)	12.44 μ g / 100 g
C vitamini (L+D askorbik asit)	7.22 mg / 100 g
Kuru madde, suda çözünür (Briks)	%37.94
pH	6.56
Toplam şeker	25.0 g / 100 g
Palmitoleik asit	0.78%
Sterik Asit	5.31 %
Oleik Asit	13.07 %
Linoleik Asit	13.07 %
g-Linoleik Asit	5.43 %
Kaproik Asit	0.59 %
Kaprilik Asit	0.80 %
Kaprik Asit	0.90 %

Laurik Asit	1.24 %
Miristik Asit	5.14 %
Cu(Bakır)	0.011 mg / 100 g
Zn(Çinko)	5.55 mg / 100 g
Fe(Demir)	7,98 mg / 100 g
P(Fosfor)	19.58 mg / 100 g
Ca(Kalsiyum)	42,23 mg / 100 g
Mg(Magnezyum)	21,73 mg / 100 g
Mn(Mangan)	0.18 mg / 100 g
K(Potasyum)	208,6 mg / 100 g
Na(Sodyum)	13.12 mg / 100 g
Se(Selenyum)	0.0013 mg / 100 g
Palmitik Asit	24.87 %

1.3. Araban Sarımsağı

Gaziantep ilinin Araban ilçesinde yetişen Araban sarımsağı diğer *Allium sativum* L. türlerine göre daha iri olup, baş ve diş kabuk rengi beyaz, et rengi kremsi – sarımtırak renkte ve *Allium Sativum* L. türüne ait bir sarımsaktır. Kuru madde oranı % 37 – 42 arasında, selenyum elementi içermesi ve içerdiği sarımsağa kokusunu veren allilpropildisülfid ($C_6H_{12}S_6$) miktarının yüksek olması nedeniyle aroması ve kokusu keskin olup; mineral madde ve vitamin açısından zengin ve kuru madde oranı da yüksek olmasından ötürü 0 °C’de sıcaklıkta % 60 – 75 arası nemli ortamda 5 – 10 ay arası depolanabilmesi mümkündür ve Araban sarımsağı biyoaktif bileşikleri (100 g için) Çizelge 1.6.’da verilmiştir. (G.B.B., 2021).



Şekil 1.7. Gaziantep – Araban Sarımsağı

Çizelge 1.6. Araban Sarımsağı Analiz Sonucu

Analiz	Değer
Kuru madde	32 – 42 g
Su	55 – 70 g
Karbonhidrat	25 – 32 g
Protein	5 – 6 g
Yağ	0,1 – 0,3 g
Selüloz	0,9 – 1,3 g

1.4. Siyah sarımsak

Siyah sarımsağın kesin kökeni bilinmemekte, yüzyıllardır Güney Kore, Japonya ve Tayvan’da, son 20 yıldır Avrupa ülkelerinde ve ülkemizde ise son birkaç yıldır tüketilmektedir (Bradley, 2009). Siyah sarımsak kısmi olarak ilk üretimi 1999’da Kamimura tarafından yapılmış ancak Japon ve Koreli bilim adamlarının 2003 yılında geliştirdiği fermentör cihazı sayesinde taze sarımsaktan siyah sarımsak üretimi gerçekleştirilmiştir. Ancak daha sonra yapılan araştırmalar sonucunda siyah sarımsak; taze sarımsak dişlerinin kontrollü sıcaklık ve sabit nemde ortalama 40 - 45 gün boyunca ısıtılma tabi tutulmasıyla elde edilen fermente bir ürün olarak ifade edilmiştir (Ergin, 2019; Jing, 2020; Kimura ve ark., 201; Martínez-Casas ve ark., 2017). Siyah sarımsak, son yıllarda hem tüketiciler hem de bilim adamları tarafından yoğun bir şekilde ilgi görmekte, diğer işlenmiş gıdalar ve taze sarımsak ile kıyaslanamayacak kadar sağlığa faydalı özellikleri sayesinde doğal kaynaklı fonksiyonel gıda olarak kabul edilmiş ve ‘Süper Gıda’ olarak adlandırılmıştır.

(Najman ve ark., 2020). Ancak istenen kaliteye ve sağlıklı bileşenlere sahip bir siyah sarımsak üretimiyle ilgili kesin bir üretim akış şeması tam olarak belirlenememiştir. Bu sorunun altında yatan sebepler arasında büyük ölçüde, ısıl işlemler sırasında Maillard reaksiyonunun da dahil olduğu reaksiyonların, siyah sarımsak üretimi esnasında istenilen bileşiklerin oluşumu ve konsantrasyonlarının artırılmasının altında yatan mekanizmaların tam olarak anlaşılamamasından kaynaklanmaktadır. Siyah sarımsağın işleme - bileşim - güvenlik korelasyonunda, özellikle sarımsağın yeni işleme teknolojilerinin geleneksel işleme teknolojileri ile karşılaştırıldığında veya iki teknolojinin kombine edilmesi ile oluşan siyah sarımsağın bileşenleri ile siyah sarımsak üretiminde istenen ve/veya istenmeyen mikroorganizmaların varlığı konusunda hala önemli boşluklar bulunmaktadır (Bae ve ark., 2014; Liang ve ark., 2015; Qui ve ark., 2020).

Siyah sarımsağın keskin tadı (allisin nedeniyle) işlem etkisiyle ortadan kalkar ve şekerler ile serbest aminoasitler arasındaki reaksiyon (Maillard reaksiyonu) nedeniyle tatlı bir tada sahip olmaktadır. Siyah sarımsak çoklu biyolojik etkileri olan popüler bir gıdadır ve keskin bir kokusu olmadığı için dış kabuğu soyulduktan sonra tüketilebilir (Saeed ve ark., 2021). Siyah sarımsağından bulunan indirgeyici şekerler, organik asitler ve biyoaktif bileşikler, özellikle S-allil-sistein (SAC) ve kumarik asit taze sarımsağa göre çok daha yüksektir (Moreno-Ortega ve ark., 2020; Lee ve ark., 2022). Taze sarımsağın olgunlaştırma işlemi boyunca sert, sulu yapısı elastik, jelatinimsi ve yumuşak bir yapı kazanmaktadır. Nem oranı % 40 – 50 olduğunda siyah sarımsağın tüketilmesi daha uygun, nem değeri % 35’in altına düştüğünde yapının kuru olmasından dolayı daha sert ve daha az elastiki bir yapıya sahip olduğu için tüketimi daha zordur (Zhang ve ark., 2016; Choi ve ark., 2014).



Şekil 1.8. Taze sarımsağın ısıl işlemlerle siyah sarımsak oluşum süreci

Siyah sarımsak oluşumunda kimyasal reaksiyonlar etkilidir (Yuan ve ark., 2016; Kim ve ark., 2013). Siyah sarımsağın fermentasyon süresi; sıcaklık, nem,

sarımsak cinsi gibi birçok faktöre bağlı olarak 60 günü bulmakla birlikte standart bir yöntem de mevcut değildir. Siyah sarımsak ve ürünlerinin kalite özellikleri de tam olarak belirlenememiş bu durum da siyah sarımsak endüstrisinin gelişimine engel teşkil etmektedir (Manzocco ve ark., 2000; Bae ve ark., 2014). Taze sarımsaktan ısıtma işlemi siyah sarımsak üretiminde meydana gelen değişiklikler Çizelge 1.7'de verilmiştir (Kılıç-Büyükkurt ve ark., 2023; Şaşmaz, 2021).

Çizelge 1.7. Taze sarımsaktan ısıtma işlemi siyah sarımsak üretiminde meydana gelen değişiklikler

Taze sarımsaktan ısıtma işlemi siyah sarımsak üretiminde meydana gelen değişiklikler					
Özellikler (Taze)			Özellikler (Siyah)		
İstenilen tat ve renk	düşük	Isıtma işleminin etkisiyle 60-90°C %50-95 bağıl nem 1-3 ay	İstenilen tat ve renk	yüksek	
Sert ve çıtır doku	yüksek		Sert ve çıtır doku	yüksek	
Tüketici tercihi	düşük		Tüketici tercihi	yüksek	
Antioksidan aktivitesi	düşük		Antioksidan aktivitesi	yüksek	
Toplam şeker miktarı	düşük		Toplam şeker miktarı	yüksek	
Sistein içeriği	düşük		Sistein içeriği	yüksek	
Fenolik madde	düşük		Fenolik madde	yüksek	
Biyoktif potansiyel	düşük		Biyoktif potansiyel	yüksek	

Sarımsakta alliin, ajoen, allisin ve S-alilil-sistein (SAC) gibi kükürtlü bileşikler bulunmakta ve özellikle allisin bileşiği yaş sarımsak dişlerindeki kendisine has koku ve tadı vermektedir. Isıtma işlemi tabi tutulan sarımsağın fermentasyonu esnasında allinaz enzimi parçalanmakta, böylelikle allinin allisine dönüşümü de engellenmekte olup sarımsağın sahip olmuş olduğu koku ve tadı da azalmaktadır.

İşlem sırasında kükürtlü bileşik alliin S-alilsistein (SAC)'e dönüşmekte ve kokusuz daha hafif tada sahip bileşikler oluşmaktadır (Medina ve ark., 2019; Li ve ark., 2014). Özellikle fermentasyon esnasında SAC bileşiklerinin konsantrasyonu artarken; alliin, allisin ve polisakkarit gibi bileşiklerin miktarı da azalmaktadır (Zhang ve ark., 2015; Kim ve ark., 2012). SAC bileşiğinin anti – inflamatuvar, nöroprotektif, anti – obezite, hepatoprotektif, anti – apoptotik, kardiyoprotektif ve antioksidan etkileri olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Ahmed, T., and Wang, 2021; Şaşmaz, 2021; Ryu ve Kang, 2017). Siyah sarımsağın çeşitli gıdalarda (içecekler, şekerler, dondurma, sosisler, sirke, soya peyniri, ekmek, yoğurt, alkol ve reçel gibi) kullanımı Asya, Avrupa ve Amerika'da oldukça popüler olmakla birlikte sahip olduğu yüksek antioksidan potansiyeli özelliği ile şampuan, kozmetik, cilt koruyucu, yüz kremi, sabun vb. gibi ürünlerde de kullanılmaktadır (Lee ve ark., 2009; Sim ve ark., 2016; Kim ve ark., 2013). Taze ve siyah sarımsağın genel bileşimi Çizelge 1.8.'de verilmiştir (Bae ve ark., 2014; Qui ve ark., 2020; Alihanoglu ve ark., 2017; Rasul Suleria ve ark., 2012; Zhang ve ark., 2015; Saeed ve ark., 2021; Afzaal ve ark., 2021). Siyah sarımsağın işleme koşullarına bağlı olarak meydana gelen değişimler Çizelge 1.9.'da verilmiştir. (Ahmed ve Wang, 2021; Saeed ve ark., 2021; Afzaal ve ark., 2021; Medina ve ark., 2019; Kılıç-Büyükkurt ve ark., 2023).

Çizelge 1.8. Taze ve siyah sarımsağın genel bileşimi

	Taze sarımsak	Siyah sarımsak
Bileşenler	Miktar	Miktar
Su aktivitesi	0.98 ± 0.00	0.93 ± 0.02
Nem(%)	64.21± 1,48 mg/kg	29.88± 0.49
Toplam asitlik	0.40±0,01 mg/kg	2.60±0,03 mg/kg
pH	6.33±0,07 6.25 7.46	3.74± 0.062 4.25 3.93
L*	68.44±1,66	4.33±2,02
a*	-3.84± 0.46	2.73±1,01
b*	26.59± 1.76	-3.86± 1.49
İndirgen şeker	5.9±0.8 g/kg	472.4±46.5 g/kg
Ham yağ	1,8±0,1 g/kg	5,8±1,1 g/kg
Protein	% 8.4	%9.1
DPPH(%)	6.90 ± 1.80	61.80 ± 1.50

ABTS(%)	34.50 ± 1.20	95.00 ± 2.50
Amino asit	19.43 ± 0.01 mg/kg	14.86 v 0.01 mg/kg
SAC	19.61 ± 0.35 µg/g 19.61 µg/g 24 µg/g	105.07 µg/g 27.73 µg/g 124 µg/g 194 µg/g
Organik asit	16.68 ± 00.61 g/kg	64.18 ± 7.55 g/kg
Allisin	11.28 ± 0.22 g/kg	2.31 ± 0.07 g/kg
TFM	38.87 ± 4.53 mg GAE/g	68.95 ± 1.63 mg GAE/g
5 – HMF		0.23 ± 0.04 g/kg
Toplam vitamin	6.92 ± 0.02g/kg	9.26 ±0.03 g/kg
Toplam mineral	11.74 v 0.02 g/kg	13.14 ± 0.03 g/kg

Çizelge 1.9. Siyah sarımsağın işleme koşullarına bağlı olarak meydana gelen değişimler

Sıcaklık	Nem	Gün	Sonuç
60-70 °C	% 80	33-69	Nem ve alisin azalır
80 - 90 °C		12-24	5 – HMF, toplam fenolik madde, toplam asitlik artar
70 °C	% 90	21-35	Ham yağ, ham protein, toplam şeker, Toplam pirüvat, glikoz, ve amino asitler artar
65 °C	% 70	16	pH azalır
40 – 80 °C	%70 – 80	30 – 40-45	SAC, esmerleşme yoğunluğu artar,
85 - 72 °C	%90	33	nem ve pH azalır

1.5. Maillard Reaksiyonunun Mekanizması

Fransız bilim adamı Louis Camille Maillard, amino asit ve karbonhidratların reaksiyonları üzerine çalışma yapmış ve çalışma sonucunda keşfettiği bu reaksiyonlara kendi adını vermiş ve bu çalışmasını da doktora tezi olarak yayınlamıştır (Maillard, 1912a; Maillard 1912b; Yıldız ve ark., 2010). Siyah sarımsağın oluşumundaki temel reaksiyon Maillard reaksiyonudur (Martínez-Casas ve ark., 2017). Maillard reaksiyonu, çeşitli şekerlerin karbonil grupları ile aminoasitlerin/proteinlerin amino grupları arasındaki reaksiyonlarla başlamaktadır (Babat, 2023). Bu reaksiyon sırasında oluşan önemli bir ara ürün olup bazı araştırmalara göre antioksidan özellik gösterdiği belirtilen yüksek oranda alındığında toksik etkilere sahip olmasına rağmen, günlük alım miktarı 80-100 mg/kg vücut ağırlığında herhangi bir toksik etki gözlemlenmediği belirtilen, gıdalarda doğal olarak bulunamayan yalnız uygulanan ısıl işleme özellikle şeker içeren gıdalarda oluşabilen, beş karbonlu bir halka aromatik aldehit olan bu ara ürün 5-hidroksimetilfurfural (5-HMF)'dir (Abraham ve ark., 2011; Choudhary ve ark., 2021; Edwards, 2000).

5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) bileşiğinin keşfi 19. yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. O zamanlardan beri bu bileşik çalışmalara hep konu olmuş, 5-HMF hakkında 1000'den fazla makale yayınlanmış ki bu durum da onun büyük bir öneme sahip olduğunun göstergesidir (Choudhary ve ark., 2021; Michail ve ark., 2007; Çelebi, 2006). HMF, yüksek sıcaklıklarda Maillard reaksiyonu esnasında indirgen şekerler ve amino asitler arasında katalitik dehidrasyon veya asidik ortamda heksozun doğrudan parçalanması yoluyla oluşur ve gıdalarda istenilen renk, tat ve aromaya katkıda bulunmaktadır. HMF oluşumu işleme ve dapolama koşullarına göre değişiklik göstermekte ve şekerin cinsine, su aktivitesine, sıcaklık ve pH'a bağlıdır. Taze sarımsaktaki HMF miktarı 4 g/kg'a ulaştığında sarımsağın renginin siyahlaştığı belirlenmiştir (Şaşmaz, 2021; Lansalot-Matras ve Moreau, 2003).

5-HMF bileşiğinin toksisitesi, mutajenitesi ve kanserojenliği hala tartışma konusudur (Michail ve ark., 2007). Bununla birlikte her ne kadar 5-HMF'nin zararlı etkileri olduğu bilim adamlarınca öne sürülse de son yıllarda yapılan çalışmalarla antioksidan, sitoprotektif ve antitümör etkileri de dahil olmak üzere yararlı özellikleri daha da belirgin hale gelmiştir. Ayrıca yapılan son çalışmanın sonuçları, 5-HMF'nin önemli mutajenik etkilere sahip olmadığını, aslında yüksek antimutajenik aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir (Kim ve ark., 1987; Kong ve ark., 1989). Elde edilen sonuçlar paradoksal bulgular yayınlamış olmasına rağmen, 5-HMF'nin kanserojen

aktiviteye de sahip olmadığını ve antitümör potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Michail ve ark., 2007; Liang ve ark., 2015). Kim ve ark. (2011). Siyah sarımsağın kloroform ekstraktının, insan göbek damarı endotel hücrelerine (HUVECs) uygulandığında antiinflamatuvar özellikler gösterdiğini tespit etmişlerdir. 5-HMF'nin zararlı etkilerinden ziyade yararlı etkilere sahip olduğu çalışmalarla giderek daha belirgin hale geldiği araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir (Lee ve ark., 2009; Ding ve ark., 2021; Türkben ve Uylaşer, 2018). 5-HMF' nin insanlardaki böbrek epidermal hücrelerini H_2O_2 'e karşı koruduğunu ve farelerde akut karaciğer hasarını iyileştirdiğini bildirmiştir. Janzowski ve ark. (2000), gıdadan kaynaklanan ortalama seviyede vücuda alınan HMF miktarının ciddi bir sağlık riski oluşturmadığını, belirli gıdalardan alınan HMF'nin en yüksek konsantrasyonda bile vücuda alınmasında hücrelerde toksik etki oluşturmadığını belirlemişlerdir. Li ve ark. (2009), Laurencia türü kırmızı deniz alglerinden elde edilen 5-HMF'nin yeni bir doğal antioksidan olduğunu; bu doğal metabolitin gıda, kozmetik ve ilaç sektöründe kullanılabileceğini ancak kararsız yapısı nedeniyle daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir.

Maillard reaksiyonu karmaşık bir yapıda gözüktüğü de üç basamakta gerçekleşmektedir. İlk aşamada şeker ve amina asitlerin kondensasyonu ile Schiff bazı oluşurken, siyah sarımsak üretimi sırasında Maillard reaksiyonu ile Amadori (1-amino-1-deoksi-2-ketoz), Heyns (2-amino-2-deoksi-2-ketoz), 5- hidroksimetil furfural (HMF), 5-(hidroksimetil)-2-furoik asit (5-HMFA) ve diğer furfural türevleri açığa çıkıp içerikleri siyah sarımsak üretimi süreci boyunca da artış göstermektedir (Liang ve ark., 2015; Jing ve ark., 2004; Hodge, 1953; Rios-Rios ve ark., 2019). Glikoz ve aminoasitlerden oluşan Amadori ile fruktoz ve amino asitlerden oluşan Heyns bileşikler Maillard reaksiyonunun ara ürünleridir. Siyah sarımsak üretiminde bu iki bileşiğin miktarı önem arz eder çünkü oluşan siyah sarımsak glikozdan daha çok fruktoz içermektedir. Fruktozun aminoasitlerle oluşturduğu bileşiklerin daha fazla antioksidan özelliğe sahip olduğu rapor edilmiştir (Hwang ve ark., 2011; Şaşmaz, 2021).

Siyah sarımsağın aromasının oluşması Strecker bozulması olarak da adlandırılan Maillard reaksiyonunun ikinci basamakta gerçekleşmektedir (Rios- Rios ve ark., 2019; Zhao ve ark., 2013). Bu aşamada oluşan aroma bileşiklerinin kaynağı aldehit ve türevi bileşiklerdir (Çelebi, 2006; Coca ve ark., 2004). Burada oluşan bileşiklerle aminler birleşir, aldoller kondanase olur ve aldehitlerle aminler polimerize olarak melanoidin adı verilen yüksek molekül ağırlığında, farklı polimerizasyon derecelerine sahip karbonhidrat bazlı ve azot içeren aynı zamanda antioksidan,

antimikrabiyal, prebiyotik, antihipertansif etki ve heterosiklik yapıya sahip koyu renkli bileşikler meydana gelerek siyah sarımsağa özgü renk oluşmaktadır (Yıldız ve ark., 2010; Edwards, 2000; Borrelli ve ark., 2002; Vhangani ve Van Wyk, 2016; Wang ve ark., 2011). Bu reaksiyonlar üçüncü basamakta gerçekleşmektedir. Aromatik moleküllerin üretimi bir dizi reaksiyon sonucunda gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar oldukça karmaşık olup, hidroksimetilfurfural, furanlar, piruvaldehit ve dimetilpirazin gibi kimyasal türlere benzemektedirler (Edwards, 2000; Çelebi, 2006; Coca ve ark., 2004).

Melanoidler; siyah sarımsak üretimi sırasında Maillard reaksiyonunun son aşamalarında üretilen, kahverengi rengine, yüksek molekül ağırlıklı ve değişen derecelerde polimerizasyona sahip karbonhidrat bazlı polimerlerdir (Yuan ve ark., 2015). Melanoidin genel içeriği, taze sarımsağa ısıtma işlemiyle siyah sarımsakta iz miktardan yüksek seviyeye kadar artmış, eş zamanlı olarak kahverengilikte bir artış olmaktadır. Ayrıca siyah sarımsakta istenilen ve daha yoğun bir aroma veren furan, tiyofen ve pirazin gibi birkaç önemli ara ürün de melanoidlerle üretilir (Huang ve ark., 1984).

Enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, sarımsağın renginin beyazdan karamel, kahverengi ve siyaha dönüşmesinden ve ayrıca siyah sarımsağın tatlı ve ekşi tadı ile kısmi olarak kuru erik ya da kayısı tadı ortaya çıkmasından sorumludur (Najman ve ark., 2020). Maillard reaksiyonu sonucunda meydana gelen kahverengi bileşikler ısıtma işlem parametrelerine, pH ve aminoasitler ile indirgen şekerin nicel oranına bağlıdır. Reaksiyon sonucunda gıdalarda esmer bir renk meydana gelir ve oluşan bu renk ‘Gözlerimizle de yediğimiz’ gerçeğinden hareketle işlenmiş gıdalarda Maillard esmerleşmesinin tüketici kabulündeki önemi oldukça açıktır (Martins ve ark., 2000). İstenilen bu esmerleşme reaksiyonu renk oluşumunda çeşitlilik oluştururken, bu reaksiyonun gıdalardaki en belirgin olumsuz sonuçlarından biri, kalite ve gıda güvenliğinde kısmi azalma ile birlikte önemli proteinlerin besleyici değerinde düşüşe neden olmasıdır. Yapılan çalışmalarda bu kayıp; sindirilebilirliğin, lösin, lisin ve triptofan gibi esansiyel aminoasitlerin miktarının azalmasına ve/veya yok olmasına, biyolojik olarak inaktivasyonuna, proteolitik ve glikolitik enzimlerin inhibisyonu ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca reaksiyon sonucunda heterosiklik aminlerden kaynaklanan mutajenik bileşiklerin varlığı tespit edilmiş ancak flavon ve flavanoidler, antimutajen olarak da tanımlanan heterosiklik amin tipi mutajenlerin inhibitörü olarak belirlenmiştir (Chuyen ve ark., 1991; Pellegrino ve ark., 1999; Namiki, 1988; Nagao ve ark., 1986). Gıda güvenliği ile ilgili olarak, Maillard reaksiyonu sonucunda açığa çıkan bu mutajenik bileşiklerin

oluşumunun en aza indirgenmesi ya da engellenmesi hala aydınlatılması gereken bir konu olup, bu bileşiklerin kanser ile olan ilişkisi tam olarak açıklanamamıştır (Martins ve ark., 2000).

1.6. Siyah Sarımsak Üretim Sürecini Etkileyen Faktörler

Siyah sarımsağın üretim sürecinde meydana gelen tüm değişiklikler uygulanan ısı işlem ve ortamın nemine bağlıdır (Zhang ve ark., 2015). Siyah sarımsak üretiminde belirli bir yöntem standardize edilmemiş olup işleme koşulları son üründe istenilen özelliklere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ham madde olarak kullanılan taze sarımsağın çeşidi, büyüme koşulları ve bulunduğu iklime göre farklılık göstermesi üretilen nihai ürününde de farklılık gösterecektir (Toledano – Medina ve ark., 2016; Wang ve ark., 2015). Siyah sarımsak üretiminde kullanılan hammaddeye uygulanacak bazı fiziksel ya da kimyasal işlemler süreçte meydana gelebilecek değişiklikleri olumlu ya da olumsuz etkilediği bazı araştırmalarla belirlenmiştir. Yapılan bir araştırmada, taze sarımsağa uygulanan dondurma işleminin ısı işlem süresini kısalttığını ayrıca fruktan hidrolizinde de yardımcı olduğu belirtilmiştir. Başka bir araştırmada; ön işlem olarak yüksek basıncın kullanılması üretilen siyah sarımsağın antioksidan özelliklerini arttırdığı ifade edilmiştir. Soyulmuş siyah sarımsakların soyulmamış siyah sarımsak dişlerine göre daha fazla antioksidan içerdiğini, soyma işleminin antioksidan kapasitesi üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Tran ve ark., 2018; Li ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2016).

Sıcaklık, siyah sarımsak üretiminde son ürünün kalitesinin etkileyen kritik faktördür. Yüksek sıcaklık uygulanması durumunda; hızlı esmerleşme, daha koyu bir renk ve acımsı bir tat oluşumu, allisin ve nem kaybı ile toplam asit ve fenol miktarında artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda yayınlanan verilerle, uygun sıcaklığı 70 °C olması durumunda istenilen nihai ürünün elde edilebileceği belirlenmiştir. Aynı zamanda bu sıcaklık siyah sarımsakta istenilen duyu özellikleri de sağlamaktadır. Yapılan bir çalışmada, üretim sürecinde sıcaklık artışının üründeki biyoaktif özelliklerde, özellikle antioksidan aktivite önemli bir artış yaşandığı belirtilmiştir (Bae ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2016; Saeed ve ark., 2021).

Bağıl nem; siyah sarımsak üretimi sürecinde enzimatik aktivite ve fizikokimyasal değişiklikler üzerinde sıcaklık kadar önemli bir etkiye sahip olmakla beraber, fiziksel görünüm, nem miktarı, doku ve esmerleşme derecesi ile de

ilişkilidir. Yüksek miktarda nem uygulandığında; yavaş esmerleşme, organik asit miktarında azalma, tatlılık miktarında düşüşe neden olurken, polifenol ve indirgen şeker miktarında artışa neden olmaktadır. Yapılan bir araştırmada; antioksidan kapasitesi yüksek bir siyah sarımsak eldesi için uygun sıcaklık ve nem düzeyini 75°C- % 80 olarak ifade edilmiştir. Tabi bu belirlenen rakamlar sarımsağın çeşidine yetiştirilme ve maruz kaldığı iklim şartlarına göre farklılık göstermektedir (Bedrníček ve ark., 2021; Sun ve ark., 2018; Choi ve ark., 2008).

Bir veya daha fazla aromatik halka ya da hidroksil grubu içeren bileşikler polifenol olarak adlandırılmaktadır. Başlıca polifenoller; tanenler, flavonoidler ve fenolik asitlerdir. Polifenoller en çok tahıllar, meyve ve sebzede bulunmakta olup, yüksek antioksidan özelliğe sahip olmasından ötürü insanları kanser ve birçok hastalığa karşı korumaktadır (Dziri ve ark., 2014; Beato ve ark., 2011). Yüksek fenolik içeren gıdalar bağışıklık sistemin korunması ve güçlendirilmesine katkıda bulunmaktadır. Siyah sarımsağın üretimi esnasında uygulanan ısı işlemi ile serbest formda bulunan fenolik bileşik içeriğinde artış olduğu yapılan farklı çalışmaların sonuçlarıyla belirlenmiştir (Kim ve ark., 2011; Kumar ve ark., 2017).

Sarımsak, sağlıklı beslenmede tüketilen sebzeler arasında en zengin fenolik içeriğe sahip gıdalardan biridir. Siyah sarımsak taze sarımsağa göre 5 – 8 kat daha fazla fenolik bileşik içermekte, bu nedenle siyah sarımsak taze sarımsağa göre de daha yüksek antioksidan potansiyeline sahiptir. Ancak taze sarımsağın ısı işlem süresinin uzun tutulmasında fenolik bileşik miktarında azalma meydana geldiği gözlenmiştir (Kumar ve ark., 2017; Yuan ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada, uygulanan farklı sıcaklıkların taze ve siyah sarımsaktaki fenolik içerikleri üzerindeki değişimleri incelenmiş ve siyah sarımsaktaki flavonoid ve polifenol konsantrasyonunun buharda pişirilmiş sarımsaktakine kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir (Jeong ve ark., 2020; Bozin ve ark., 2008). Flavonoidler, fenolik asitler ve fenolik diterpenler gibi birçok bitki bazlı bileşiklerin önemli antioksidan özellikleri vardır. Fenolik bileşiklerin antioksidan potansiyeli, redoks etkilerinden kaynaklanmaktadır. Fenolik bileşikler, serbest radikallerin emilmesinde/nötralize edilmesinde kilit bir role sahiptir (Shahidi ve ark., 1992; Osawa, 1994; Bekono ve ark., 2020). Taze sarımsağın sahip olduğu başlıca proteinler dört çeşit olup bunlar; glutamik asit (52.92 - 805 mg/100g), arjinin (636- 1036 mg/100g), lösin(78,557- 308 mg/100g) ve aspartik asittir (15.57-489 mg/100g). Olgunlaştırma işlemi ile edilen siyah sarımsaktaki başlıca proteinler ise; glutamik asit (18.36- 128.87mg /100g), tirosin (77.31 - 109.13mg/100g) ve fenil alanindir (42.03-143.07mg/100g). (Şaşmaz, 2021; İl, 2019; Rabinkov ve ark., 1998; Saravanan ve ark., 2010). İşlem

sonrasında yapılan analizlerle siyah sarımsaktaki tirosin ve arjinin (yaklaşık % 83 - 90 oranında) miktarında azalma, fenilalanin ve metiyonin miktarlarında artış görülmüştür. Bunun sebebi de aminoasitlerden bazıları protein ve peptitlerin enzimatik hidrolizi veya enzimatik olmayan hidrolizi sonucunda oluşmuş veya miktarı artmış ve ısıtma işlem sürecinde indirgen şekerlerle reaksiyona girip azalmıştır (Liang ve ark., 2015; Choi ve ark., 2014; Qui ve ark., 2020).

Siyah sarımsağın oluşumundaki temel reaksiyon Maillard reaksiyonudur (Martinez ve ark., 2017). Maillard reaksiyonu, çeşitli şekerlerin karbonil grupları ile aminoasitlerin/proteinlerin amino grupları arasındaki reaksiyonlarla başlamaktadır (Babat, 2023). Bu reaksiyon sırasında oluşan önemli bir ara ürün olup bazı araştırmalara göre de antioksidan özellik gösterdiği belirtilen yüksek oranda alındığında toksik etkilere sahip olmasına rağmen, günlük alım miktarı 80-100 mg/kg vücut ağırlığında herhangi bir toksik etki gözlemlenmediği belirtilen, gıdalarda doğal olarak bulunamayan yalnız uygulanan ısıtma işlemle özellikle şeker içeren gıdalarda oluşabilen, beş karbonlu bir halka aromatik aldehit olan bu ara ürün 5-hidroksimetilfurfural (5-HMF)'dir (Abraham ve ark., 2011; Choudhary ve ark., 2021). HMF, yüksek sıcaklıklarda Maillard reaksiyonu esnasında indirgen şekerler ve amino asitler arasında katalitik dehidrasyon veya asidik ortamda heksozun doğrudan parçalanması yoluyla oluşmaktadır. Taze sarımsaktaki HMF miktarı 4 g/kg'a ulaştığında sarımsağın renginin siyahlaştığı belirlenmiştir (Şaşmaz, 2021; Lansalot- Matras ve ark., 2003).

Asidik ortam ve yüksek sıcaklıklarda polisakkaritler parçalanmakta, siyah sarımsak üretiminde uygulanan ısıtma işlem ve pH değerinin azalmasıyla sukrozun fruktoz ve glikoza parçalanması gerçekleşmektedir. Taze sarımsağın polisakkarit içeriğinin büyük çoğunluğunu indirgen olmayan fruktan ve galaktan oluşturmaktadır (Liang ve ark., 2015). Taze sarımsakta fruktan düşük sıcaklığa dayanaklılığı, ozmotik basınç dengesini, fotosentezin devamlılığını ve donma stresine karşı korumayı sağladığı bilinmektedir. Taze sarımsağa ısıtma işlem uygulanmasıyla birlikte proses boyunca sıcaklığın etkisiyle fruktanın sahip olduğu glikosidik bağlar kopmakta, açığa çıkan indirgen şekerler de Maillard reaksiyonunda kullanılmaktadır (Rios- Rios ve ark. 2019; Lu ve ark., 2018; Yuan ve ark., 2018).

Fruktanlar; β -2-1 bağlarıyla birbirine bağlı fruktoz yapılarından oluşmuş oligopolisakkarit grubu olup, taze sarımsakta yaklaşık % 23-25 oranında bulunmaktadır. Uygulanan ısıtma işlem esnasında fruktan ve hidrolizatları etkileşime girerek glikoz, fruktoz ve disakkarit gibi bazı indirgen şekerlere parçalanıp, işlem

sonunda elde edilen ürün taze sarımsağa göre daha tatlı hale gelmekte ve sahip olduğu yapı yumuşama göstermektedir (Hofmann ve Schieberle, 2000; Sanz ve ark., 2001). Ancak taze sarımsaktaki sukroz oranı ile siyah sarımsaktaki sukroz oranı neredeyse aynıdır bunun en önemli nedeni gerçekleşen Maillard reaksiyonunda sukroz bileşiğinin kullanılamamasıdır (Yuan ve ark., 2016; Afzaal ve ark., 2021).

Taze sarımsağın sıcaklık, nem ve fermentasyon gibi çeşitli işlemlere maruz bırakılarak siyah sarımsağa dönüştürme aşamaları ile antibakteriyel potansiyeli arttırmak etkili ve önemli bir stratejidir. Özellikle fermentasyon işlemi, taze sarımsağın biyoaktif özelliklerinde değişikliğe neden olmaktadır. Bu konu üzerinde yapılan bir dizi araştırmalarla da siyah sarımsağın hem gram pozitif hem de gram negatif bakterilere karşı özellikle etkili olduğu ve yüksek antibakteriyel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Jeong ve ark., 2016; Nervi, 2006; Rahman, 2007).

Sarımsağın içerdiği değerli bileşikler maruz kaldığı koşullara göre değişmekte ve raf ömrünü kısaltmaktadır (Rabinkov ve ark., 1998 ; Banerjee ve ark., 2003). Bu nedenlerden dolayı sarımsağın kullanım ve muhafaza şekilleri, pişirme teknikleri; sarımsağın kimyasal bileşenlerini, besin değerini, koku ve lezzetin korunması ve özellikle gıda zehirlenmesine yol açacak kanserojen mikotoksinlerin, malondialdehit ve reaktif oksijen birikmesinin engellenmesi açısından çok büyük önem taşımaktadır (Akan ve Halloran, 2012; Saldamlı, 2007; Cantwell ve Suslow, 2002(b); Li ve ark., 2015). Taze sarımsakların depolama süreleri 0-2°C sıcaklıkta ve % 95-100 bağıl nemde 3-4 hafta olduğu çalışmalarla belirlenmiştir (Goldy, 2000; Cantwell ve Suslow, 2002(a)).

Pirüvik asit, 2-linoleoilgliserol ve 5-hidroksimetilfurfural gibi bazı aktif bileşikler farklı inflamatuvar etkilere sahip olup, elde edilen sonuçlar özellikle piruvatın hem anti-inflamatuvar hem de antioksidan aktiviteye sahip olduğu göstermiştir (Kim ve ark., 2017). Genelde, anti-inflamatuvar aktivite antioksidan aktiviteyle doğru orantılıdır, ancak bu durum siyah sarımsakta tam tersi olduğu için her koşulda doğruluğu kabul edilmemektedir (Kim ve ark., 2017; Jeong ve ark., 2016; Das ve ark., 2006). Taze ve siyah sarımsağın anti-inflamatuvar ve antioksidan aktivitesini araştırmak için yapılan çalışmada; pro-oksidan (hidrojen peroksit), pro-inflamatuvar (lipopolisakkarit) kullanılmıştır. Çalışmanın sonucu; siyah sarımsağın anti-inflamatuvar aktiviteyi azaltmada etkisi olduğunu göstermiştir. Siyah sarımsakta bol miktarda şeker bulunması, siyah sarımsağın taze sarımsağa göre daha düşük anti-inflamatuvar aktiviteye sahip olmasının nedenlerinden biri olabileceği belirtilmiştir (Jeong ve ark., 2016; Kim ve ark., 2017).

1.7.Siyah Sarımsak Üretimi Sürecinde Aroma Bileşiklerinde Meydana Gelen Değişiklikler

Omik terimi Latince –ome ekinden türemiş olup, ‘pek çok ‘ anlamına gelmekte ve eklendiği adın temsil ettiği varlık veya oluşumların ‘bütün’ünü, ‘tüm’ünü temsil etmektedir. Omik teknolojileri, nutri-genomic, transkriptomic, proteomic, metabolomic, lipidomic, connectomic, lipoproteinomic, immunolomic, glikomic, sensomics vb. pek çok çalışma alanına yayılmıştır (Carbonara, 2008; Raposo de Magalhães ve ark., 2020). Ancak nüfus artışıyla gıda taleplerinin karşılanamaması nedeniyle gıda sektörünün büyümesi, üretilen gıda çeşitlerinin artması ve bu artış ile birlikte gıdaların raf ömürlerini, kalite özelliklerini korumak için yeni teknolojik yöntemlerin arayışına gidilmiş ve sonuç olarak sorunlara farklı bir yaklaşımla bakan foodomics bilimi ortaya çıkmıştır. Foodomics teknolojisi, gıda güvenliğini, izlenebilirliğini, kalitesini en üst seviyede korumayı ayrıca modifiye gıdalar gibi farklı ürünler üretmeyi hedeflemektedir. Foodomic bilimi; genomic, nutri-genomic, transkriptomic, sensomic, proteomic ve metabolomic teknolojilerini kullanmaktadır. (Budak ve Dönmez, 2012; Ghosh ve ark., 2009; Han ve Wang, 2008).

Gıdanın sahip olduğu aroma bileşiklerinin sadece belirli bir kısmı karakteristik tadı etkilemekte ve bu temel tatları belirlemek ve tanımlamak için analitik yöntemler ile duyu tekniklerin birlikte kullanılması gerekmektedir. Gaz kromatografisinden elde edilen verilerin duyu testlerle doğrulanması sonuçların geçerliliği için büyük önem oluşturmaktadır. Gıda ürünüde bulunan aroma bileşikleri aroma-aktif bileşikler olarak adlandırılırlar ve düşük konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle enstrümantal analizlerle belirlenmemektedir. Ayrıca bu aroma maddeleri oldukça kararsız bileşikler olup analizler sırasında bazı bileşiklere de dönüşüm gösterebilmektedir. Bu nedenle omik biliminin bir kolu olan ‘Sensomic’, olarak da tanımlanan ‘moleküler duyu bilimi’ tercih edilmektedir. Moleküler duyu bilimi (MSS), gıdanın aroma ve kokularını moleküler düzeyde ölçümünü yapan bir yaklaşımdır (Carbonara, 2008; Gou ve ark., 2023; Garcia-Canas, ve ark., 2014; Gallardo; 2013). Bu yaklaşım, enstrümantal teknikleri ile duyu analizleri birleştirir yani gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) ve gaz kromatografisi-olfaktometrisi bu tekniğin alt yapısını oluşturmaktadır (Vrzal ve Olšovská, 2019). Bu uygulamada, aroma bileşikleri ilk önce sıvı-sıvı ekstraksiyonu (LLE), katı faz mikro ekstraksiyonu (SPME), solvent destekli aroma buharlaştırması (SAFE) ve temizleme gibi çeşitli teknikler kullanılarak ekstrakte edilmektedir (Song

ve Liu, 2018). GC-O'da aroma ekstraktı seyreltme analizi (AEDA), tespit frekansı (DF) ve doğrudan yoğunluk analizi (OSME) olmak üzere üç farklı teknik kullanılabilmektedir. Ancak bunlar arasında aroma seyreltme analizi (AEDA) en çok tercih edilen yöntemdir (Ayseli ve ark., 2021; Büyükkurt ve ark., 2023; Gallardo, 2013). Bu uygulamalardan sonra elde edilen niceliksel verilen doğruluğunu belirlemek amacıyla aroma rekombinasyonu yapılmaktadır. Aroma rekombinasyonu, gıdada baskın olan aroma bileşiklerinin belirlenmiş gerçek konsantrasyonlarda karıştırılması ve taklit edilmesine ve oluşturulan bu matrisin insan burnu tarafından algılanması prensibine dayanmaktadır. Aroma rekombinasyonunun ardından gerçek aroma bileşikleri matristen uzaklaştırılmasının genel tat üzerine etkisini incelemek için ihmal testi uygulanmaktadır (Büyükkurt, 2023; Gou ve ark., 2023; Parker, 2014).

Sensomic biliminde gıdanın aroma bileşiklerini belirlemek için aroma rekombinasyonu ve ihmal testleri de tercih edilmektedir (Gou ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2022). Böylece gıdanın sahip olduğu kendisine has aromasından sorumlu istenen ya da istenmeyen aroma aktif bileşikleri ve koku bileşikleri daha doğru verilerle belirlenebilmektedir. Moleküler duyu biliminin kapsamında olan tüketici duyu algısı ve enstrümental tekniklerin kombinasyonu sayesinde aroma ve koku bileşikleri daha kapsamlı ve net bir şekilde tespit edilebilmektedir (Büyükkurt ve ark., 2023; Gou ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2022).

Yang ve ark. (2019), sarımsaktaki aroma bileşiklerinin tayini için gaz kromatografisi-olfaktometri-kütle spektrometrisi (GC-O-MS), gaz kromatografisi-uçuş zamanlı kütle spektrometrisi (GC-TOFMS) ve duyuusal değerlendirme yöntemlerini kullanarak toplam 52 aroma bileşiği tanımlanmıştır. Li ve ark. (2021), farklı ısıtma sürelerinin sarımsak baharat tozunun aroması üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla taze ve farklı sürelerde kurutulmuş beş örnek gaz kromatografisi-olfaktometri (GC-O) ile birlikte katı faz mikroekstraksiyon-gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (SPME/GC-MS) ile analizi yapılmış ve 49 aroma bileşiğini tespit etmişlerdir. Sarımsağa has kokusunu veren bileşikleri tespit etmek için Koga ve ark. (2021), gaz kromatografisi-olfaktometrisi (GC-O) ve gaz kromatografisi- kütle spektrometrisi (GC-MS) kullanılarak tespit etmeye çalışılmış, araştırma sonucu olarak sarımsağın işlem gördükten yaklaşık 4 hafta sonra kokusunun ortaya çıktığını ve koku bileşikleri olarak da alilmetil sülfür, diyalil sülfür, alilmetil disülfür ve ajenolü belirlediklerini bildirmişlerdir.

Çizelge 1.10. Siyah sarımsakta istenilen ve istenmeyen bileşikler ve nedenleri

Yüksek konsantrasyonlarda istenen bileşikler		Düşük konsantrasyonlarda ya da istenmeyen bileşikler	
Bileşikler	Nedeni	Bileşikler	Nedeni
Glikoz ve fruktoz	Tatlılık (Chadwick ve ark., 2016)	Allisin	Keskin tat ve koku (Kim ve ark., 2014)
Organik asitler	Ekşi tat (Huang ve ark., 2008),Bağırsak florasına destek (Li ve ark., 2008)	Lipit peroksidasyonu sonucu oluşan ürünler	Hücrelerde DNA hasarı (Marnett, 2002)
Amino asitler	İnsan metabolizmasının gelişimi ve büyüme (Millward ve ark., 2008)	Benzopiren	Kötü koku, Meme kanseri (Sadikovic ve Rodenhiser, 2006)
Furan, tiyofen ve pirazin	Tüketicinin beklediği tatları verme (Alasalvar ve ark., 2003)	Heterosiklik aminler	Meme kanseri (Felton ve ark., 2002)
Fruktooligosakkarit	Bağırsak florasını düzenleme ve destek (Costalos ve ark., 2008)	5-HMF	Acı tat, Yüksek konsantrasyonlarda kanserojenik aktiviteye neden olma (Capuano ve Fogliano, 2011)
Polifenoller	Antioksidan görevi görür (Bozin ve ark., 2008)	Akrilamid	Hücre mutajenite ve kanserojene neden olma (Capuano ve Fogliano, 2011)
Melanoidin	Antioksidan, Antimikrobiyal, Prebiyotik etki (Wang ve ark., 2011)	Alliin liyaz	Alerjiye neden olma (Kao ve ark., 2004)
Alkoloidler	Antikanser, Antiparazit,	Melaniodinler	Sitotoksiste, Genotoksiste(Yoo

	Antiviral, Antimikrobiyal aktivite (Cao ve ark., 2007)		ve ark., 2014; Wang ve ark., 2011)
SAC	Antioksidan, Antikanser (Dairam ve ark., 2008; Tsubura ve ark., 2011)		
C vitamini	Antioksidan, Antikanser aktivite (Eberthardt ve ark., 2000)		
5-HMF	Antioksidan, Antitümör, Antiinflamatuvar aktivite (Zhao ve ark., 2013; Severin ve ark., 2010; Kim ve ark., 2011)		
B₁₂ vitamini	Anemiyi engelleme (Green ve ark., 2017)		
Selenyum	Antioksidan, Antiinflamutar, Antikanser (Rayman ve ark., 2012; Qui ve ark., 2020)		

Bu çalışmada Tunceli dağ sarımsağının ve Araban sarımsağının; daha önce üretimi gerçekleştirilmeyen bu iki sarımsak çeşidinden farklı sıcaklıklarda siyah sarımsak üretim ve depolama süresi boyunca siyah sarımsaklarda meydana fiziikokimyasal değişimlerin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sarımsak, diğer Allium türlerine ve brokoli, soğan gibi sebzelere kıyasla daha fazla kükürtlü bileşik içermektedir. Sahip olduğu bu bileşikler sarımsağa özgü kokusunu, tadını ve daha pek çok tıbbi etkisini belirlemektedir (Koch and Lawson, 1996; Sivam 2001). İnsanların yaklaşık 5000 yıldır tedavi amacıyla kullandığı sarımsağın; hipoglisemik, antitrombotik, antikanserojenik ve antimutajenik gibi bir çok alanda etkileri yapılan pek çok çalışma ile kanıtlanmış olup birçok hastalığın tedavisinde fitotreapötik ajan olarak kullanılmaktadır (Park ve ark., 2009; Daoud ve ark., 2004; Farhat ve ark., 2021).

Bilinen ilk doğal tiyosülfinat olan alliin'in etkisi bakteriyostatik olup gram (-) ve gram (+) bakterilere karşı oldukça etkili olup, sarımsağa karşı en duyarlı bakteri anthrax zehirini üreten ölümcül *Bacillus anthracis* olduğu araştırmalarla saptanmıştır. Sarımsağın antimikrobiyal ve antibakteriyel özelliklerinin keşfi Louis Pasteur'a kadar dayanmakta ve Pasteur sarımsağın penisilin kadar etkili olduğunu belirlemiştir. Sarımsak bağışıklık sistemini güçlendiren beyaz kan hücreleri ile T hücrelerinin güçlerini arttıran doğal bir antibiyotiktir (Kemper, 2000; Ross ve ark., 2001).

Maillard reaksiyonu şekerlerin karbonil grubu ile aminoasitler, peptitler veya proteinlerden gelen amino grupları arasında enzimatik olmayan bir reaksiyondur. Isıl işlem sırasında gıdada doğal olarak mevcut aminoasitlerle etkileşime giren şekerlerin oranının azalmasıyla üretilen Maillard reaksiyon ürünleri renk, tat, stabilite gibi gıdanın önemli özelliklerini değiştirmektedir (Yılmaz ve Toledo, 2005). Maillard reaksiyonu reaktanların türü ve konsantrasyonu, sıcaklık, zaman, pH ve su aktivitesi gibi faktörlere bağlıdır. Maillard reaksiyonunda aldozlar ketozlara göre daha reaktif; pentozlar da hegzozlardan daha reaktiftirler. Sıcaklık uygulamalarında hidroksil grubunu içeren aminoasitler, α -dikarbonil bileşikleriyle en yüksek reaktiviteye sahipken, asidik ve polar olmayan aminoasitler en düşük reaktiviteyi göstermektedir (Lambert ve ark., 2008; Heon ve ark., 2011).

Allium türleri zengin flavonoid bileşikler içermesi nedeniyle antioksidan aktiviteleri çok yüksek olup, birçok farklı türe sahip olması, taze olarak tüketilmesi ve insan sağlığına faydalı oluşundan dolayı fazla ilgi uyandırmış ve gıda endüstrisinde üzerinde en fazla çalışılan gıdalardan biri olmuştur (Benkeblia, 2005; İzol, 2016).

Taze sarımsağın sağlık üzerine olumlu etkileri daha çok sahip olduğu antioksidan aktivitesiyle ilişkilidir. Sarımsakta bulunan kükürtlü bileşikler (alliin, allisin, S-allil sistein), magnezyum, selenyum mineralleri, fenolik maddeler sarımsağın antioksidan aktivitesini arttıran özel bileşikler olup ayrıca sistein, glutamin, izolösin, metionin gibi aminoasitler hücreleri serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyarak antioksidan etkiyi sağlarlar (Block, 1985; Imai ve ark., 1994). Bu antioksidan etki siyah sarımsağın oluşumunda meydana gelen SAC, polifenollerin, flavonoid miktarlarının artışı ile ilişkili olup; taze sarımsakta SAC miktarı genel olarak 20 – 30 µg/g iken, siyah sarımsakta altı kat daha fazla olmaktadır (Kodera ve ark., 2002; Bae ve ark., 2012).

2.1.Taze ve Siyah sarımsağın Genel bileşimi

2.1.1. Taze ve Siyah sarımsağın Nem ve Kuru Madde İçeriği

Taze sarımsağa ısıtma işlemi sırasında, ihtiva ettiği suyun buharlaşması nedeniyle nem içeriği azalma göstermektedir. Araştırmalarla bilim insanları % 45-54 aralığındaki bir nemin, istenilen siyah sarımsak dokusunun (esnek ve çiğnenebilir bir yapı) oluşmasına katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir. Yüksek sıcaklık daha hızlı nem düşüşüne yol açacaktır; ancak ek olarak, daha yüksek bağıl nem uygulanması oluşan siyah sarımsağın daha fazla nem ihtiva etmesine neden olmaktadır (Bae ve ark., 2014; Toledano-Medina ve ark., 2016).

İlginç bir şekilde, siyah sarımsak işlemi sırasında diğer gıda ürünlerinin kurutulmasıyla karşılaştırıldığında nem içeriğinde uygulanan yüksek bağıl nem nedeniyle yavaş bir azalma ve ardından hızlı bir düşüş gözlenmektedir. İşlem süreci boyunca, taze sarımsağın başta sahip olduğu bileşenlerin (fruktan gibi) kademeli olarak farklı bileşenlere parçalanması nedeniyle taze sarımsağın başlangıçta sahip olduğu su tutma kapasitesinde azalma hatta kayıplar meydana gelecektir (Bae ve ark., 2014; Toledano-Medina ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2016; Sun ve Wang, 2018). Su aktivitesinin (a_w) ısıtma işlem sürecindeki kahverengileşme oranıyla yakından ilişkili olduğu tespit edilmiş, çok düşük su aktivitesi (a_w), amino veya karbonil grupları içeren bileşikler için reaksiyon hızını sınırlarken, çok yüksek su aktivitesi (a_w) Maillard reaksiyonunu engelleme eğilimini gösterdiği belirlenmiştir (Labuza ve Saltmarch, 1981; Labuza ve Baisier, 1992; Qui ve ark., 2020).

Toledano - Medina ve ark. (2016), sarımsaklar üç farklı sıcaklıkta (72°C, 75°C ve 78°C) ve % 90 nemde ısıtma işlemi uygulanmış ve çiğ ve siyah sarımsakta

toplam çözünür katı madde miktarı ($^{\circ}\text{Brix}$), pH, su aktivitesi (a_w), renk (L^* , a^* ve b^* değerleri), toplam fenol içeriği, toplam polifenol indeksi ve antioksidan özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri araştırmıştır. Isıl işlem boyunca toplam çözünür katı madde içeriği, toplam polifenol içeriği ve antioksidan kapasite artış gösterirken, pH değerinin azaldığı ve taze sarımsağa göre siyah sarımsakta toplam fenolik madde miktarının üç kat arttığını belirtmişlerdir.

Ryu ve Kang (2017), taze sarımsak 60°C 'de % 90 nemde siyah sarımsak üretilen ağırlık, çözünür madde miktarı, nem ve su aktivitesini taze sarımsak ile karşılaştırmışlar ve sarımsağın ağırlığının % 64 azaldığını, çözünür madde miktarını ($^{\circ}\text{Brix}$) % 13 arttığını, su aktivitesini (a_w) 0.97'den 0.93'e düşüğünü ve nem içeriğinin bir ile iki kat azaldığını belirlemişlerdir.

2.1.2. Taze ve Siyah sarımsağın Karbonhidrat ve Lipit İçeriği

Taze ve siyah sarımsak karbonhidrat açısından oldukça zengin gıdalardır. Ancak taze sarımsağın siyah sarımsağa dönüşümü esnasında karbonhidrat profili önemli ölçüde değişiklik göstermektedir (Koch ve Lawson, 1996). Karbonhidratlar; taze sarımsağın % 22-26, kuru madde olarak yaklaşık % 77'sini, esas olarak polisakkaritler ve az miktarda oligosakkaritler ve monosakkaritlerden oluşmaktadır (Baumgartner ve ark., 2000). Taze sarımsağa uygulanan ısıl işlemi sırasında fruktanlar, fruktan ekzohidrolaz tarafından katalize edilen sıcaklık kaynaklı bozunma yoluyla yavaş yavaş monosakkaritler (temel olarak glikoz ve fruktoz), disakkaritler ve oligosakkaritlere parçalanmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar, polisakkaritlerin parçalanmasının enzimatik hidrolizinden ziyade temel olarak ısıl işlemle kaynaklandığını ve polisakkaritlerin molekül ağırlığının ve parçalanma oranının işlem sıcaklığıyla yakından ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (Cheong ve ark., 2012; Liang ve ark., 2015; Lu ve ark., 2018; Baumgartner ve ark., 2000).

Fruktooligosakkaritler; 2 ile 10 polimerizasyon derecesine sahip, fruktozun β (1-2) glikosidik bağlarıyla oluşan fonksiyonel oligosakkaritler olup bu bileşikler gastrointestinal sistemde bulunan yararlı mikroorganizmaların gelişmesini ve fonksiyonunu teşvik eden prebiyotik özellikleriyle tanınmaktadır (Flickinger ve ark., 2003). Taze sarımsağın çeşidine ve uygulanan işlem yöntemlerine bağlı olarak elde edilen siyah sarımsak, taze sarımsağa kıyasla 30-80 kat daha fazla indirgen şekere sahiptir ki bu durum siyah sarımsağın sahip olduğu tatlı tadı açıklamaktadır. Çeşitli araştırmalar, siyah sarımsağın esas olarak fruktoz, sukroz ve glikozdan oluştuğunu bildirmiştir (Martínez-Casas ve ark., 2017; Qui ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2016;

Zhang ve ark., 2015).

Zhang ve ark. (2015), siyah sarımsak eldesinde uygulanan ısıtma işlem aşamalarında meydana gelen alliin, sakkarit, antioksidan ve bazı fizyokimyasal değişiklikleri belirlemek için taze sarımsaklara 10 gün boyunca 70- 80°C sıcaklık uygulamıştır. Fruktozun % 57.14'ü, glukozun % 6.78'i ve sakkarozun % 7.62'si siyah sarımsağın sahip olduğu tatlı tadını oluşturan başlıca polisakkaritler olduğunu, ısıtma işlem süresi boyunca rengin esmerleşme değerinin giderek arttığını, pH değeri ise sürekli olarak bir düşme eğilimi göstermiş bu da karakteristik siyah bir görünüme ve ekşi bir tat hissine katkıda bulunduğunu ayrıca antioksidan kapasitesinin de kademeli olarak arttığını belirlemişlerdir.

Yuan ve ark. (2018), taze sarımsaklar 55°C sıcaklıkta % 80 nemde ısıtma işlemine tutulmuş ve her 5 veya 10 günde bir numune olarak analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarıyla ilgili olarak fruktan içeriğinin % 84.79 oranında arttığı ve fruktaz içeriğinin de % 508.11 oranında arttığı belirlenmiştir. Maillard reaksiyonu ürünlerinin işlemin başlarında arttığı ancak işlemin sonuna doğru da azaldığı belirtilmiştir. Siyah sarımsağın sahip olduğu tatlı- ekşi tadın sarımsağın sahip olduğu fruktaz oranı ve pH derecesinin işlem sonuna doğru düşmesiyle sahip olduğu vurgulanmıştır.

Xiaoming ve ark. (2018), siyah sarımsak üretim aşamasında sıcaklığın indirgen şekerlerin üzerindeki etkisini araştırmak için; sarımsaklar 70 - 90°C sıcaklıkta % 80 bağıl nemde 8 gün boyunca ısıtma işlemi uygulanarak sarımsağın doğal olarak sahip olduğu, fruktanları parçalayan enzim olan endojen fruktan ekzohidrolazının indirgen şekerlerin üzerinde etkisini, sıcaklığın bu enzim üzerindeki etkisi ayrıca monosakkaritlerin oluşumunda enzim ve sıcaklığın etkileri araştırılmıştır. Enzim uygulanan bu sıcaklıkta inaktif olduğu, uygulanan yüksek sıcaklık yüksek molekül ağırlıklı polisakkaritlerin düşük molekül ağırlıklı oligosakkarit ve monosakkaritlere parçalanmasını hızlandırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca çok düşük su aktivitesinin (a_w) amino asit veya karbonil grupları içeren bileşikler için reaksiyonu sınırlarken, çok yüksek su aktivitesinin (a_w) Maillard reaksiyonunu da engellediğini bildirmişlerdir.

Yapılan araştırmalarla taze sarımsaktan ekstrakte edilen lipidlerin içeriği % 0.31 ile % 0.53 ve kuru madde de % 0.6 olarak belirlenmiştir (Tsiaganis ve ark., 2006). Besin ve enerji kaynağı olarak kullanılmasının yanı sıra lipidler taze ve siyah sarımsağın duyu özelliklerine de katkıda bulunmaktadır. Kloroform-metanol

kullanılarak taze sarımsaktan ekstrakte edilen lipidlerin % 62.6 nötr lipitler, % 14 glikolipidler ve % 23.4 fosfolipidler olarak bulunduğu rapor edilmiştir. Bunların arasında linoleik asit (ω -6), palmitik asit, linolenik asit (ω -3) ve oleik asitin (ω -9) en bol bulunan yağ asitleri olduğu bulunmuştur (Kamanna ve Chandrasekhara, 1980; Tsiaganis ve ark., 2006).

Taze sarımsak ve siyah sarımsağın lipit içeriği de duyuşal özelliklerine önemli ölçüde etki etmektedir. Siyah sarımsağı uygulanan ısıt işlem sırasında lipit profilinde değışiklikler gözlemlenmiştir. Choi ve ark. (2008), taze sarımsağın ısıt işlemle siyah sarımsak elde edilmesiyle lipit içeriğinde % 15 ile % 60 oranında dikkate değeri bir artış olduğu, Lu (2017), yaptıkları bir araştırmada; % 33 ve % 16 oranında artış gözlemlendiğı belirtilmiştir. Çalışma sonuçlarındaki farklılıkların muhtemel sebebi; kullanılan sarımsak çeşidi, işleme tekniğı, kullanılan ekstraksiyon ve analiz yöntemlerinin farklılığının yanı sıra taze ve siyah sarımsağın nem içeriğinden de kaynaklanmaktadır.

Siyah sarımsağın üretimi sırasında, tutarsız ve hatta tartışmalı lipit bileşikleri tespit edilmesine rağmen, oksidasyona uğramaları ve kimyasal reaksiyonlara katılımları nedeniyle taze ve siyah sarımsağın lipit profillerinde değışiklikler bulunmuştur. Choi ve ark.(2008), taze sarımsağın siyah sarımsağı işlenmesinden sonra ham lipit içeriğinin önemli ölçüde (% 0.18'den % 0.58'e) arttığını gösterirken, Lu (2017), taze sarımsaktaki ve ısıt işlem sonrasında elde edilen siyah sarımsaktaki ham lipit seviyesini sırasıyla % 0.33 ve % 0.16 olarak bildirmiştir. Bu farklılıklar muhtemelen sarımsak türü, işleme prosedürü (ısıtma ve fermantasyon adımları dahil), ekstraksiyon ve analiz yöntemlerindeki farklılıkların yanı sıra taze sarımsak ve siyah sarımsağın nem içeriğindeki farklılıklardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Sarımsak lipidlerinde meydana gelen hidrolitik ve oksidatif değışiklikler, özellikle taze sarımsağın siyah sarımsağı işlenmesi sırasında gerçekleşmesi özellikle yüksek sıcaklık (60 ila 90°C) ve yüksek nem (% 70-90) koşulları altında gerçekleşmektedir. Sonuç olarak alkoller, aldehytler, ketonlar ve laktonlar gibi bir dizi bileşik üretilir. Bu ürünler, başlangıçta oluşan yağ asitleriyle birlikte hidroliz, oksidasyon ve Maillard reaksiyonunu içeren bir dizi karmaşık kimyasal reaksiyona katılır (Zamora ve Hidalgo, 2005). Bütün bunlar, işlenmiş siyah sarımsaktaki lipit içeriğinin taze sarımsaktan daha düşük olduğunu açıklamaktadır (Qui ve ark., 2020; Zamora ve Hidalgo, 2005).

2.1.3. Taze ve Siyah Sarımsağın Antimikrobiyal Aktivitesi

Botas ve ark. (2019), siyah sarımsağın gram pozitif (*E. Faecalis* ve *L. monocytogenes*) ve gram negatif (*E.coli* ve *P. Aeruginosa*, *A. baumannii*, *K. Pneumonia*) bakterilere karşı antimikrobiyal etkisi araştırılmış, çalışma sonuçları sarımsağın tüm patojen bakterilere karşı antibakteriyel özellik gösterdiğini ortaya koymuş, en iyi etki ettiği bakteriler de *E.coli* ve *P. Aeruginosa* olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın bulguları, siyah sarımsağın büyük bir antimikrobiyal potansiyele sahip olduğunu ve farklı patojenlere karşı da kullanılabilineceğini göstermiş, sarımsağın hem gram pozitif hem de gram negatif tüm bakterilere karşı etkili olduğu özellikle vurgulanmıştır. Araştırma sonuçları, siyah sarımsağın patojenlere karşı antibakteriyel aktivite gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışma bulguları, siyah sarımsağın büyük bir antimikrobiyal potansiyele (özellikle *Staphylococcus aureus*) sahip olduğunu ve farklı patojenlere karşı etkili bir şekilde kullanılabileneğini göstermiştir.

Houshmand ve ark. (2013), farklı konsantrasyonlarda (% 5, % 10, % 20 ve % 100) sarımsak ekstraktlarının insan diş plağı mikrobiyatasına (*Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivarius*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Lactobacillus*) karşı antibakteriyel etkisini araştırmıştır. Sarımsağın antibakteriyel etkisinin konsantrasyonuna ve mikroorganizma çeşitlerine göre farklılık gösterdiğini, sarımsağa karşı dirençli olmadıklarını, diş macunlarında ve ağız gargara sularında optimum konsantrasyonlarda sarımsak ekstraktı kullanılmasının diş çürüğü tedavilerinde faydalı olabileceğini belirlemişlerdir.

Kang ve ark. (2017), yaptığı bir araştırmada; siyah sarımsak ekstraktının gram-pozitif ve gram-negatif bakterilere karşı etkisi incelenmiş, siyah sarımsak ekstraktının gram-pozitif bakterilere (*Staphylococcus aureus*, *Listeria*, *Escherichia coli* ve *Salmonella*) karşı daha etkili olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, siyah sarımsak ekstraktının gıda kaynaklı patojenlere karşı etkili olduğu ve depolama sırasında ilave edildiği gıdaların (ıspanak) raf ömrünü ve kalite özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir.

Weber ve ark. (1992), kültür sarımsağının (*Allium sativum L.*) antiviral etkisinde sorumlu bileşiklerinin tanımlanması için in vitro ortamda dialil tiyosülfanat (allisin), alil metil tiyosülfanat, metil alil tiyosülfanat, ajoen, alliin, deoksialliin, diyalil disülfür ve diyalil trisülfür bileşiklerinin virüsidal etkilerini araştırmış ve virüsidal aktivitenin sırası ajoen > allisin > alil metil tiyosülfanat > metil alil tiyosülfanat şeklinde olduğunu belirlemişlerdir.

Kozan (2012), Kastamonu ve Denizli’de yetişen sarımsakların antibakteriyel, toplam antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde içeriği ve uçucu yağlarını araştırmıştır. Kastamonu ve Denizli sarımsağın uçucu yağlarının ana bileşenleri, allil trisülfid (sırasıyla % 42.52 ve % 45.22) ve allil disülfid (sırasıyla % 24.48 ve % 32.60) olarak, uçucu yağların *Staphylococcus aureus* ATCC 33862, *Bacillus licheniformis* NRRL-B- 1001, *Bacillus cereus* NRRL-B-3711, *Escherichia coli* MC 4100, *Pseudomonas aeruginosa* NRRL-B-2679, *Enterobacter aerogenes* NRRL-B- 3567, *Citrobacter freundii* NRRL-B 2643 ve *Providencia stuartii* suşları üzerinde antibakteriyel etkisine bakıldığında da, her iki örneğin yüksek oranda antibakteriyel özelliğinin olduğunu ve en yüksek antibakteriyel aktiviteyi *Bacillus licheniformis* NRRL-B-1001 üzerinde Kastamonu sarımsağının gösterdiğini ve Kastamonu sarımsağının toplam antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik madde içeriğinin Denizli sarımsağından daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Kükürtlü bir bileşik olan ajoenin antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi için Naganawa ve ark. (1996), araştırmasında ajoenin geniş spektrumlu bir antimikrobiyal aktivite sergilediğini, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Mycobacterium smegmatis* ve *Streptomyces griseus* gibi gram pozitif bakterilerin, *Staphylococcus aureus* ve *Lactobacillus plantarum*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Xanthomonas maltophilia* gibi gram negatif bakterilerin büyümesini ve mayaların gelişmesini inhibe ettiğini tespit etmişlerdir. Bu durumunun nedenini de ajoendeki disülfid bağı, ajoenin antimikrobiyal aktivitesi için gerekli olduğunu çünkü disülfid bağlarıyla reaksiyona giren sisteinin indirgenmesi halinde antimikrobiyal aktivitesini ortadan kaldırdığı şeklinde açıklamışlardır.

2.1.4. Taze ve Siyah Sarımsağın Toplam Fenolik Madde Miktarı

Polifenoller, flavonoidler ve fenolik asitler, bir veya daha fazla hidroksil grubu taşıyan bir veya daha fazla aromatik halka içeren bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Polifenoller; meyve sebze ve tahıllar gibi gıdalarda yaygın olarak bulunmakta, etkin ve çeşitli antioksidan aktiviteye sahiptir (Bozin ve ark., 2008; Olsson ve ark., 2004). Sarımsak, diyetteki yaygın sebzeler arasında en zengin fenolik bileşik kaynaklarından biridir (Tagliazucchi ve ark., 2005).

Jeong ve ark. (2016), yaptığı bir çalışmada; taze ve siyah sarımsağın fenolik içerikleri üzerindeki etkilerini incelemek için farklı sıcaklık uygulamış ve çalışma sonucunda siyah sarımsaktaki flavonoid bileşikleri ve polifenolik

konsantrasyonunun, taze ve buharda pişirilmiş sarımsağa kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Kim ve ark. (2013(a)), taze sarımsağa farklı nem ve sıcaklık uygulanarak elde edilen siyah sarımsaktaki toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğine olan etkisi incelenmiştir. Bu çalışma için 5 farklı sarımsak çeşidi kullanılmış ve elde edilen 5 farklı siyah sarımsağın toplam fenolik içeriği ve toplam flavonoid içeriği taze sarımsağa göre daha yüksek olduğu bulunmuş, 70°C % 60 nemde 60 saat süre ile ısıtıl işlem görmüş sarımsağın toplam fenolik içeriği ve toplam flavonoid içeriğinin diğer siyah sarımsaklara göre daha yüksek olduğu ve toplam fenolik içeriğinin toplam flavonoid içeriğinden yüksek olduğu belirtilmiştir.

Araştırmalar uygulanan ısıt işlemlerle toplam fenolik madde ve flavonoid madde miktarının taze sarımsağa kıyasla siyah sarımsakta daha fazla olduğunu göstermiştir. Sato ve ark. (2006), yaptıkları bir çalışmada; taze sarımsaklara 60-70°C sıcaklık ve % 85 – 95 bağıl nemde 40 gün boyunca ısıt işlem uygulanmış ve % 80 etanol ekstraktlarının anti-oksidatif özellikleri ve toplam fenol içeriği incelenmiştir. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi 10 kat ve toplam fenol içeriğinin de 7 kat arttığını belirlemişlerdir.

Choi ve ark. (2014), taze sarımsağa ısıt işlemle siyah sarımsak elde edilme süreci boyunca meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimleri araştırmak için sarımsaklar 35 gün boyunca 70°C sıcaklıkta % 90 bağıl nemde ısıt işleme tutulmuş; süreç boyunca indirgen şeker ve toplam asitlik artış gösterirken pH 6.33'ten 3.74'e düşüş göstermiştir. Siyah sarımsağın toplam polifenol ve toplam flavonoid içerikleri de dahil olmak üzere antioksidan bileşenleri, ısıt işlem sürecinin 21. gününde en yüksek seviyede olduğu belirtilmiştir.

İlgün ve ark. (2022), tek dişe sahip olan Mürdük sarımsağından elde edilen siyah sarımsaklar ve kabuklarının toplam fenol, flavonoid, antioksidan ve antidiyabetik aktiviteleri araştırılmıştır. Bu araştırma için siyah sarımsakların su ve etanol ekstraktları ve yine siyah sarımsakların kabuklarından etanol ekstraktları hazırlanmış ve çalışma sonucunda da; siyah sarımsak kabuklarından elde edilen ekstraktın normal sarımsak kabuklarından hazırlanan ekstrakta kıyasla daha yüksek toplam fenol ve toplam flavonoid içeriğine sahip olduğunu, siyah sarımsak kabuklarının antioksidan aktivitesinin yüksek olduğunu ve siyah sarımsak ekstraktlarının akarboza karşı α -amilaz inhibiyonu potansiyeline karşı bir etkinlik göstermediğini belirlemişlerdir.

Kim ve ark. (2012), taze ve siyah sarımsakların toplam fenol ve flavanoid miktarı, antioksidan aktivitesi, antidiyabetik aktivitesi ve antialerjik aktivitesi β -heksosaminidaz salınımına karşı önleyici etkilerini araştırmıştır. Siyah sarımsak taze örneklerine göre daha yüksek fenolik içerik ve daha fazla antioksidan kapasite göstermiş, diğer taraftan taze sarımsak ekstraktı siyah sarımsak ile karşılaştırıldığında daha düşük konsantrasyonda β -heksosaminidaz önemli ölçüde baskılandığını belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonucu olarak sarımsağın fermente edilmesinin antioksidan kapasitesini arttırdığını ancak anti-alerjik aktivitesini azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Setiyoningrum ve ark. (2021), siyah sarımsak üretimi için geleneksel yöntemden farklı olarak taze sarımsak 72 °C % 90 bağıl nemde 21 gün boyunca su banyosunda fermentasyon edilmiş ve antioksidan kapasite, toplam polifenol miktarı, flavonoid içeriği, pH ve esmerleşme yoğunluğu araştırılmıştır. Fermentasyon süresi boyunca tüm kimyasal özellikleri önemli ölçüde artış gösterirken pH değeri azalma gösterdiğini, Maillard ürünü olan furfuralın yedi günlük sürede oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca toplam flavonoid ve polifenol içeriği 21 günlük fermentasyon süresi sonunda optimum düzeyde olduğu, elde edilen siyah sarımsağın toplam flavonoid içeriğinin 11.5 kat arttığı toplam polifenol miktarının 1.7 kat arttığı belirtilmiş ancak benzer bir çalışmayla kıyaslandığında toplam flavonoid içeriği 1.5 kat, toplam polifenol içeriği ise 10 kat arttığı ve başka bir çalışma ile kıyaslandığında 21 günlük fermentasyon süresinin 28 ve 35 günlük süreye kıyasla daha az optimum sonuçlar verdiği vurgulanmıştır.

2.1.5. Taze ve Siyah Sarımsağın Sağlık Üzerine Etkileri

Seo ve ark. (2009), yaptığı bir araştırmada diyetle % 0.6 ya da % 1.2 siyah sarımsağın dahil edilmesinin aşırı kilo, peritoneal yağ ve epididimal yağ alımını kontrol etmede etkili olduğunu bildirmişlerdir. Fonksiyonel gıdalar obezitenin kontrolünde önemli rol oynar; fakat siyah sarımsak içerdiği değerli bileşenler sayesinde daha da önemli bir role sahiptir. Ortalama % 1.5 siyah sarımsak içeren diyet ile vücuttaki epididimal yağ miktarının, hiperkolesteroleminin ve vücut ağırlığının azaltılabileceği belirtilmiştir.

Diyabet çok ciddi bir sağlık sorunudur ve yaşlanan nüfus, artan şehirleşme ve daha hareketsiz yaşam tarzı nedeniyle diyabetin etkisi belirgin bir şekilde kendini göstermeye devam etmektedir (King ve ark., 1998). Diyabet için uygun bir tedavi

henüz bulunmadığından ve antidiyabetik ilaçların çoğunun yan etkileri olduğundan daha az yan etki ile birlikte güçlü hipoglisemik aktivite gösteren doğal maddeleri tanımlamak için birçok çalışma yapılmıştır. Sarımsak ve sarımsak ürünleri, antioksidan etkileri nedeniyle antidiyabetik doğal ilaçlardan biri olabileceği düşünülmektedir (Fujita ve ark., 2001; Park ve ark., 2006; Querioz ve ark., 2009; Jung ve ark., 2009).

Jung ve ark. (2011), taze sarımsağı maya (*S. cerevisiae*) ile fermente edilerek siyah sarımsak edilmiş ve bu ürünün fareler üzerinde hipolipidemik, hipoglisemik, nefroprotektif, antiobezite ve antioksidan etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucu olarak maya ile fermente edilmiş siyah sarımsağın ısıtma işlemiyle edilen siyah sarımsağa göre daha yüksek oranda obezite, hiperlipidemi, nefropati ve antioksidan özelliklerinin daha yüksek olduğunu, siyah sarımsak biyoaktivitesinin maya fermentasyonu ile güçlendirerek diyabetik ilaçlara ek kullanılabilineceğini bildirmişlerdir.

Heon ve ark. (2011), taze sarımsakta doğal olarak bulunan glukoz ve fruktozun ısıtılması sonucu aminoasitlerle oluşturduğu Maillard reaksiyonu ürünlerinin antioksidan, esmerleşme değeri, α -glukosidaz inhibitör etkisi ve kolon kanseri hücrelerini inhibe edici (antiproliferatif) özelliklerini araştırmak için sarımsaklar 130°C sıcaklıkta 2 dakika boyunca ısıtılmıştır. Fruktoz–aminoasit ürünleri, glikoz–aminoasit ürünleri göre daha fazla esmerleşme yoğunluğunu gösterdiğini ayrıca fruktoz–aminoasit birleşimi sonucu oluşan maillard reaksiyonu sonucu oluşan ürünler, glikoz aminoasit ürünlerine kıyasla daha yüksek DPPH ve ABTS aktivite ve α -glukosidaz inhibitör etkisini gösterdiğini belirlemişlerdir. Şeker – aminoasit maillard reaksiyonu ürünleri, HCTT116 kolon kanseri hücrelerini dozuna bağlı olarak inhibe ettiğini, glikoz – aminoasit maillard reaksiyonu ürünleri fruktoz – aminoasit Maillard reaksiyonu ürünlerine göre biraz daha fazla antiproliferatif aktivite gösterdiğini; özellikle şeker – triptofan ve şeker – tirozin birleşimi ürünler daha fazla biyolojik aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Xing ve ark. (2016), kültür sarımsağı ile siyah sarımsağın kandaki kolesterol seviyesine etkisini ve antioksidan aktivitesini karşılaştırmak için hiperkolesteromik bireyler üzerinde bir çalışma yapmıştır. Çiğ ve siyah sarımsak bireylere 13 hafta boyunca 1080 mg/gün oranında verilmiş ve bu süre boyunca hastaların kan konsantrasyonları çiğ ve siyah sarımsaktan etkilenmediğini ancak kandaki oksidatif stresi azalttığını belirlemişlerdir.

Hipertansiyon dünya çapında yetişkinlerin yaklaşık % 30'unu etkilemektedir. Sarımsak genel olarak kan basıncını düşürücü özelliklere sahiptir ve siyah sarımsağın bu konudaki etkisi çalışmalarda merak konusu olmuştur. Ried ve ark. (2013), siyah sarımsağın hipertansiyon hastalarında etkisini araştırmak için 79 hasta 12 gün boyunca günde 3 doz siyah sarımsak kapsülü verilerek hipertansiyona etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucunda siyah sarımsağın hipertansiyonda etkili ve geleneksel hipertansif tedaviye etkili bir yardımcı olarak değerlendirilebileceğini ileri sürmüştür.

Sarımsağın yapılan araştırmalarla gerek zararlı LDL kolesterolün sentezini inhibe etmek ayrıca kandaki gaydalı HDL kolesterolün miktarını arttırmak amacıyla toplan kan kolesterolünü düşürdüğü tespit edilmiştir. Sarımsağın bu konuda bir diğer çarpıcı özelliği ise, hipertansiyonluların olduğu kadar hipotansif kişilerin de sarımsağın tedavi edici özelliğinden yararlanabilmesi, başka bir ifade ile sarımsağın, ilaçların aksine kan basıncını ister düşük ister yüksek olsun düzenleyebilmesidir (Santos and Johns, 1995; Bordia ve ark., 1977).

Durak ve ark.(2002), tavşanlar üzerinde yaptığı araştırmada sarımsak ekstraktlarının kan oksidan/antioksidan durumunu, kan lipit profilini araştırmıştır. Bu amaçla 31 erkek tavşanın 22 tanesine kolesterol yüklemesi yapılmış ve 7 tanesi kontrol grubu olarak kullanılmış, 15 tanesi laboratuvar diyetiyle beslenmiş geriye kalan hayvanlarda sarımsak ekstraktı ile birlikte laboratuvar diyetiyle 3 ay daha beslenmiştir. Sonuçlarında kolesterolün yoğun bir şekilde kanda plak oluşumuna yol açtığını, ancak sarımsak ekstraktı takviyesi kan-lipit profilini iyileştirdiğini ve kan antioksidan potansiyelini arttığını belirtmişlerdir.

Alerji, daha çok yanlış beslenme ve stresle alakalı bir hastalık olup, günümüzde alerjik bireylerin sayısı gün geçtikçe artış göstermektedir. Siyah sarımsağın başka bir fonksiyonu da antialerjik etki göstermesidir (Wang, 2015; Ergin, 2019). Yoo ve ark. (2014). Siyah sarımsağın antialerjik etkisini araştırma amacıyla sıçanların diyetinin yanında siyah sarımsak ekstraktı verilmiş, çalışma sonucunda da antialerjik etki göstererek IgE ilişkili reaksiyonları azalttığını belirlemişler ve alerjik hastalıklar için fonksiyonel gıdalar olarak faydalı olacağını da bildirmişlerdir.

Metal kirliliği, oldukça tehlikeli ve küresel bir sorundur çünkü bitkisel kökenli ürünlerle biyolojik olarak birikerek insan sağlığı tehlikeye atmaktadır. Özellikle

kadminyum (Cd) birikmesi, gıdada lipit oksidasyonuna yol açarak gıdanın kalite özelliklerinde istenmeyen durumlara sebep olmaktadır. Özellikle kadminyum (Cd) insan sağlığında böbrek hasarına neden olduğu bilinen nefrotoksik bir maddedir.

Böbrek, Cd toksisitesinin hedef organı olduğundan, bu amaçla Suru (2008), soğan (*Allium cepa L.*) ve sarımsak (*Allium sativum L.*) sulu ekstraktlarının kadminyum (Cd) kaynaklı oksidatif stres üzerindeki koruyucu etkilerini araştırmıştır. 2 grup sıçan üzerinde yapılan bu araştırmada bir gruba sadece sulu kadminyum çözeltisi verilirken, diğer gruba da soğan/sarımsak ekstraktı bir hafta boyunca diyetle birlikte verildikten sonra kadminyum verilmiş, araştırma sonuçlarında; yüksek dozda soğan ekstraktı ile uygulanan tedavi uygulanan doza göre önemli düzeyde iyileşme sağlarken, yüksek dozda sarımsak tedavisi daha önemli pro-oksidan bir etki bıraktığı tespit edilmiştir. Kadminyumun neden olduğu böbrek hasarını azaltmada yararlı bir beslenme seçeneği olabileceği de belirtilmiştir.

2.1.6. Taze ve Siyah sarımsağın Antioksidan Aktivitesi

Bae ve ark.(2014), sıcaklığın siyah sarımsak prosesi üzerindeki etkilerini ve nem içeriği, pH, esmerleşme düzeyi, S-allil sistein (SAC) içeriği ve antioksidan aktivite düzeyi araştırılmıştır. Farklı sıcaklıklar uygulanarak elde edilen siyah sarımsaklarda; yüksek sıcaklık uygulanan elde edilen sarımsağın düşük sıcaklıklarda elde edilen siyah sarımsağa göre pH' ın daha düşük olduğu, düşük sıcaklıklarda elde edilen siyah sarımsak örneklerinde SAC içeriğinin daha yüksek olduğu, sıcaklık arttıkça esmerleşme düzeyinin arttığı ve antioksidan aktivitenin sıcaklık arttıkça belirli bir sıcaklığa kadar artış gösterdiği belirtilmiştir.

Kang ve ark. (2018), taze sarımsağın farklı oranlarda etanol çözücülerde 35 gün boyunca fermentasyona tabi tutulması sırasında sarımsak ekstraktındaki sülfür bileşikleri ve antioksidan kapasitesini araştırmıştır. Bu çalışma için sarımsaklar % 0, % 25, % 50, % 75 ve % 100 etanol içerisine eklenmiş ve 35 gün boyunca 8°C'de depolanmıştır. Örneklerden 7 gün aralıklarla numune alındığı belirtilmiş, çalışma sonucunda; alliin içeriğindeki değişiklikler ekstraksiyon süresi boyunca artış göstermiş, en yüksek allisin içeriği % 25 etanol içeren örnekte belirlenmiş, S-allil sistein (SAC), dialil disülfid (DADS) ve dialil trisülfid (DATS) seviyeleri 35 günlük depolama süresi sonunda hepsinde en yüksek olduğunu ve antioksidan aktivitesinin ise % 75'lik etanol- sarımsak örneğinde ölçüldüğü bildirilmiştir.

Çınar ve ark. (2022), siyah sarımsağın biyolojik aktivitesinin 6 boyunca korunması için kapsülleme tekniğinin uygunluğunu, 4°C’de saklanan soku ekstraktı ile karşılaştırılarak araştırmışlardır. Siyah sarımsak kapsülü, 6 ay boyunca S-alil-L-sistein içeriğini koruduğunu, kapsülün toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesinin sulu ekstraktla benzer olduğunu, ekstrakt ve kapsül, test edilen tüm mikroorganizmalara karşı inhibisyon aktivitesi sergilediğini, sarımsağın keskin kokusunun olmadığını, ekstrakt ve kapsülün insan lenfosit hücreleri üzerinde genotoksik etkisinin görülmediğini tespit etmişlerdir.

Pakakaew ve ark. (2022), siyah sarımsağın kalite göstergesi olarak kabul edilen S-alil sistein (SAC) seviyesini en yüksek seviyede tutan en kısa işlem süresini bulmak amacıyla, taze sarımsaklar CaCl_2 ile ön işleme tabi tutulmuş sonrasında dondurulmuş ve 60 °C % 65 bağıl nemde ve 80°C % 80 bağıl nemde bir hafta süre ısıtıl işleme tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda DPPH ve ABTS analizleri için sırasıyla 5390 mgTrolox/100 g antioksidan ve 25.421 mgTrolox/100 g antioksidan ve 874.26 mgSAC/100 g kuru ağırlık belirlemişlerdir. CaCl_2 uygulamasının siyah sarımsak işlem süresini yaklaşık 4 kat kısalttığını, 60 °C’de ve % 65 bağıl nemde 1 hafta süreyle işlenen sarımsak, yaklaşık 1772 mg/100 g kuru ağırlıkla en yüksek SAC içeriğini sağladığını; SAC içeriğinin, 80 °C’de ve % 80 bağıl nemde 1 hafta süreyle işlenen sarımsaktan 2 kat daha yüksek olduğunu ve bu sarımsağın renginin altın renginde olduğunu ve ‘altın sarımsak’ olarak adlandırdıklarını bildirmişlerdir.

Ding ve ark. (2021), siyah sarımsaklar polietilen tereftalat şişelerde (PETB), kraft kağıt torbalarda (KPB) ve alüminyum lamine polietilen torbalarda (ALPB); 4°C ve 20°C ‘de 90 gün boyunca depolaması yapılmış ve siyah sarımsağın metabolit seviyeleri, uçucu bileşikleri ve antioksidan aktivitelerini araştırmışlardır. Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) ve Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılarak toplam 27 adet suda çözünür madde ve 96 adet uçucu bileşik tespit etmişler, antioksidan seviyeleri de ALPB < KPB < PETB sırasına göre azalma gösterdiği ve 20°C de depolama enzimatik hidrolizi ve Maillard reaksiyonunu teşvik ederken, 4°C’de depolama antioksidan aktiviteyi koruduğunu ve Maillard reaksiyonunu inhibe ettiğini belirlemişlerdir. Ayrıca siyah sarımsak PETB ve KPB paketlenildiğinde sükroz içeriğinin daha yüksek olduğunu da bildirmişlerdir.

Bedrniček ve ark. (2021), siyah sarımsağın fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, taze sarımsakları 30°C- 82°C sıcaklıklar arasında 15 gün boyunca ısıtıl işleme tabi tutmuş ve çalışma sonucunda antioksidan aktivitenin, toplam

polifenol içeriğinin ve toplam çözünebilir katı madde miktarının arttığını; pH seviyesi, nem içeriğinin azaldığını; duyu analizinde de sarımsak çeşitleri arasında sadece tekstür özellikleri bakımından farklılıklar bulunduğunu diğer duyu özellikleri açısından da düşük farklılıklara sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

2.1.7. Taze ve Siyah Sarımsakta HMF Miktarı

Maillard reaksiyonunun yaygın bir ara ürünü olan 5-hidroksimetil-2-furfural (HMF), birçok gıdada şeker ve aminoasitlerin reaksiyonlarından oluşmaktadır. HMF'nin akut ve toksisitesi çok düşüktür (Glatt ve Sommer, 2006; Turkmen ve ark., 2006). HMF'nin yüksek konsantrasyonlarda sitotoksik olarak gözlerde, üst solunum yollarında, ciltte ve mukozada hasara neden olmaktadır (Janzowski, ve ark., 2000; Li ve ark., 2010). Ancak araştırmalarda verilen bilgilere dayanarak tüketicilerin HMF'ye maruz kalmasının potansiyel bir sağlık riski oluşturup oluşturmadığı netleştirilmemiştir. Ayrıca HMF'ye diyetle maruz kalma ile artış gösteren kanserin arasındaki ilişkiyle ilgili hiçbir epidemiyolojik veri de mevcut değildir (Capuano ve Fogliano, 2011). HMF düzeyi, işlenmiş gıdalarda ürün kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Gökmen ve Morales, 2014).

Maillard ürünü olan heterosiklik bir yapıya sahip 5-HMF'nin potansiyel toksik, mutajenik ve kanserojen etkilerinin yanı sıra günümüzde tartışmalara konu olan olabilmesi muhtemel antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleri sıklıkla araştırılmaktadır (Michail ve ark., 2007; Morales ve ark., 2001). Yapılan son klinik çalışmalar HMF'nin antitümör potansiyeline sahip olabileceğini ortaya koymuştur (Ding ve ark., 2021).

Kim ve ark. (2011), siyah sarımsağın kloroform ekstraktından saflaştırılan 5-HMF'nin tümör nekroz faktörü (TNF- α) ile uyarılan insan göbek damarı endotel hücrelerinde (HUVECs) antiinflamatuvar potansiyelini araştırmıştır. 5-HMF'nin (TNF- α)'nın neden olduğu reaktif oksijen bileşiklerinin oluşumunu ve redoks duyarlı transkripsiyon faktörü NF- κ B' nin aktivasyonunu inhibe ettiğini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda, ateroskleroz gibi insandaki inflamatuvar hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için siyah sarımsaktaki 5-HMF'nin terapötik tedavide kullanımına dair önemli veriler sunduğunu belirtmişlerdir.

Zhang ve ark. (2016), taze sarımsak 4 farklı sıcaklıklarda ısı işleme maruz bırakılarak siyah sarımsak elde edilmiş ve bu sıcaklıkların ürünündeki HMF miktarındaki etkisi incelenmiştir. 90 °C sıcaklıkta 9 gün, 80°C sıcaklıkta 21 gün,

70°C sıcaklıkta 33 gün, 60 °C sıcaklıkta 40 günde siyah sarımsaklar elde edilmiş; 60°C sıcaklıkta HMF konsantrasyonunun proses boyunca çok yavaş arttığı ancak daha düşük kalitede bir siyah sarımsak elde edildiği ifade edilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda HMF miktarında daha fazla artış gözlemlenirken, hedeflenen renk ve lezzette azalma gözlemlendiği belirtilmiştir.

Noh ve ark. (2014), taze sarımsak, dondurulup çözündürülen sarımsak ve ısıl işlemlerle elde edilen siyah sarımsaklardaki SAC miktarı karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda; taze sarımsağa göre dondurulup çözündürülen sarımsakta SAC miktarı 1,64 kat arttığı ve maksimum SAC miktarının da 40°C ve 15 gün boyunca ısıl işlemlerle elde edilen siyah sarımsakta olduğu tespit etmişlerdir.

Sun ve Wang (2018), siyah sarımsağın besleyici özelliği, aktif bileşenleri ve antioksidan kapasitesindeki değişime bağlı olarak ideal ısıl işlem koşullarını araştırmayı hedeflemiş, bu çalışma için de; taze sarımsaklar sıcaklık (65°C, 75°C, 85°C) ve bağıl nem (%70, %75, %80 ve %85) 16 gün boyunca ısıl işlemi uygulanmıştır. Duyusal analiz sonuçları 75°C ve % 85 nemde 8.günde istenilen düzeye ulaştığını göstermiş, besin bileşenleri de nem ve sıcaklıktan önemli ölçüde etkilenmiş ve 75°C ve % 85 nem en uygun şartları sağladığı belirtilmiştir. Polifenol içeriği sıcaklık artışı ve nemin azaltılmasıyla arttığı, indirgen şekerler, toplam şekerler toplam asitler ve 5 – HMF miktarının 75°C’de, 65°C ve 85°C ‘ye göre daha yüksek bulunmuştur. Antioksidan kapasitesi için de 75°C sıcaklık ve % 85 bağıl nemde sekiz gün boyunca ısıl işlem uygulanmasının en uygun koşullar olduğu belirtilmiştir.

Xuguang ve ark. (2014), gıdalarda dondurma işlemi hücre yapısını bozması sebebiyle dondurma ön işleminin siyah sarımsak işleme üzerindeki etkisini geleneksel yöntemle karşılaştırmak için oluşturulan iki grup sarımsaklardan bir grup 30 saat dondurma işleminin ardından ısıl işlemle diğer grup ise ön işlem uygulanmadan geleneksel yöntemle ısıl işlem uygulanarak siyah sarımsak üretilmiş ve esmerleşme derecesi, amino-N miktarı, şeker içeriği, toplam fenolik değeri, 5-hidroksimetil-2-furaldehit (5-HMF) oranlarını araştırmıştır. Ön işleme tutulan sarımsak diğer grup sarımsağa daha göre daha hızlı renk değişimi gözlemlendiğini, dondurulan sarımsak grubu kontrol grubuyla karşılaştırıldığında indirgen şeker oranı %51.88, toplam fenol miktarı % 58.54 ve 5-HMF oranı % 25 oranında arttığını belirlemiştir. Dondurularak ön işleme tutulan sarımsakların kontrol grubuna kıyasla amino-N miktarı % 50.97 azalma gösterdiğini, dondurma işleminin ön işlem olarak kullanıldığında işlem süresinin 60-90 günden 22 güne kadar kısaltılabileceği

belirlenmiştir.

Sarımsakta bulunan dialil disülfid (DADS) ve dialil trisülfid (DATS) oksidasyona karşı biyolojik aktivite sağlamaktadır. Bu bileşiklerin aktivitesini ölçmek için; Harmita ve ark. (2020), taze sarımsağı üç ay boyunca % 75 nemde 80°C ısıtma işlemine tabi tutulmuş, bu süreç boyunca dialil disülfid (DADS) ve dialil trisülfid (DATS) bileşiklerinin seviyelerini ve antioksidan aktiviteyi ölçmüşlerdir. Çalışma sonucu olarak ısıtma işlem süresi boyunca, dialil disülfid (DADS) ve dialil trisülfid (DATS) bileşiklerinin azaldığını ve fermentasyon süresinin daha kısa tutulmasının genellikle daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olabileceğini bildirmişlerdir.

5-hidroksimetilfurfural (5-HMF), ısıtma işlem görmüş gıdalarda görülen insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek bir bileşik olarak kabul edilmektedir. Isıtma işlemle üretilen gıdalar arasında siyah sarımsağın da HMF oranı da yüksektir. Siyah sarımsak için herhangi bir kurum/kuruluş tarafından bilindiği kadarıyla 5-HMF için herhangi bir sınır belirlenmemiştir (Chua ve ark., 2022; Lansalot-Matras ve Moreau, 2003).

Lee ve ark. (2020), 5-HMF oluşumunu azaltmak için epigallocateşin gallat (EGCG) kullanımının siyah sarımsaktaki antioksidan özelliğini etkileyip etkilemediğini araştırmıştır. Isıtma işlemin 30. gününde 12 saat boyunca (EGCG)'a maruz bırakılmış siyah sarımsağın 5-HMF oranı kontrol grubuna göre % 50 daha azaltıldığını, (EGCG)'a maruz kalma süresi arttıkça da antioksidan aktivitesi gibi biyoaktivitesini etkilemediği için faydalı bir uygulama olacağını belirlemişlerdir.

Çapar ve ark. (2022), siyah sarımsak üretimi sırasında açığa çıkan HMF miktarını azaltmak amacıyla yeşil çay ekstraktlarını kullanmışlardır. Taze sarımsak numuneleri % 1-4 oranında yeşil çay ekstraktlarında 2-24 saat aralığında bekletilmiş sonrasında 10-30 gün boyunca ısıtma işlemine maruz bırakılmıştır. HMF içeriği, antioksidan özellikleri (DPPH ve TEAC), toplam fenolik madde konsantrasyonunu (TPC), örneklerin esmerleşme yoğunluklarında meydana gelen değişiklikleri araştırmışlardır. En düşük HMF içeriği ve en yüksek biyoaktif bileşiklerin miktarı % 4 ekstrakta 24 saat bekletilen ve 14 gün ısıtma işlemine maruz bırakılan örnekte belirlenmiştir. En yüksek fenolik madde konsantrasyonu ısıtma işlemin 30.gününde % 4, ayrıca 13 saat yeşil çay ile muamele edilmiş siyah sarımsakta belirlenmiştir. Çalışma sonucu olarak, taze sarımsakların yeşil çay ekstraktlarıyla muamele edilmesi ve fermentasyon süresinin uzun tutulması, siyah sarımsağın biyoaktif özelliklerini arttırdığını bildirmişlerdir.

2.1.8. Taze ve Siyah Sarımsakta Vitamin ve Mineral Değerleri

Taze sarımsak, birçok vitamin (C, E, ve B₁ gibi) ve çeşitli eser elementler (kalsiyum, sodyum, magnezyum, çinko, germanyum ve selenyum) içermektedir. Bu bileşikler; antioksidan, bağışıklık güçlendirici, antikanser özelliklerinin yanı sıra hipertansiyonu önleme ve tedavi etme özellikleri gibi bir dizi biyolojik aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Houston, 2005; Landete, 2013; Koch ve Lawson, 1996).

Kim ve ark. (2013(b)), taze sarımsağa uygulanan ısıl işlemin siyah sarımsaktaki suda ve yağda çözünen vitaminlerin etkisini araştırmak amacıyla, sarımsaklar 70°C % 60 bağıl nemde 60 gün boyunca ısıl işlem uygulanmış ve elde edilen analiz sonuçlarında suda çözünen vitaminlerin (B₁, B₂, B₅ ve C vitamini) miktarının taze sarımsağa kıyasla arttığını; yağda çözünen vitaminlerin (A, D, E, K) miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Toplam suda çözünen vitaminlerin oranı 11.15-19.2 kat artış gösterirken; toplam yağda çözünen vitamin oranı farklı sıcaklık uygulamalarında azalma gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Kang (2016(b)), taze sarımsağa farklı sıcaklık, nem ve sürede elde edilen siyah sarımsaklarda mineral içeriklerinde meydana gelen değişiklikleri araştırmışlardır. Taze sarımsakta ana mineral olarak potasyum ardından kükürt, magnezyum, sodyum ve kalsiyum belirlemişlerdir. Ayrıca ısıl işlem sırasında çinko, potasyum, magnezyum, demir, manganez, fosfor ve selenyum içerikleri artarken, bakır, sodyum, kalsiyum ve kükürt içerikleri başlangıçta artmış, daha sonrasında azaldığını, 6 saat boyunca 60°C ve % 60 bağıl nemde elde edilen siyah sarımsakta en yüksek mineral içeriği olduğunu tespit etmişlerdir.

2.1.9. Taze ve Siyah Sarımsak Aminoasit Miktarı

Taze sarımsak % 1.5-2.1 oranında protein içerir ve zengin amino asit çeşitliliğine de sahiptir. Bu çeşitlilik, sarımsağın çeşidine ve yetiştirme ortamına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Glutamin, asparajin, ve glutamik asit, lizin, sistein, triptofan ve valin sarımsakta en fazla bulunan aminoasitlerdir (Lee ve Harnly, 2005; Chio ve ark., 2014). Taze sarımsak ısıl işlemle siyah sarımsağa işlenmesiyle proteinin denatürasyonu gerçekleşir ve bazı amino asitler de Maillard reaksiyona katılarak içeriğinde azalma meydana gelmektedir (Lee ve Harnly, 2005; Koch ve Lawson, 1996). Sistein, sarımsakta en bol bulunan ve sistein içeren S-metil-L-sistein sülfoksit ve S-alil-L-sistein sülfoksit (alliin) gibi sülfür içeren ve koku bileşiklerinin

temel yapıtaşlarından biridir (Amagase, 2001). Kesme, ezme veya dehidrasyon gibi işlemlerden sonra bu bileşikler, aralarında diyalil sülfür, diyalil disülfür, diyalil trisülfür ve ajoen bulunan diğer uçucu bileşikler oluşturmaktadır (Corzo-Martínez ve ark., 2007).

Choi ve ark. (2014), taze sarımsak 70°C % 90 nem de 35 gün boyunca ısı işlem uygulayarak aminoasit değişikliklerini araştırmışlardır. Sistein, treonin, serin, glisin, alanin, glutamik asit, arginin, lisin ve tirozin miktarının siyah sarımsakta daha düşük olduğunu, fenilalanin içeriğinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle sistein ve tirozin azalmasının, aminoasitlerin indirgen şekerlerin karbonil bileşikler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu ile ilişkili olabileceğini ve antioksidan aktivitede meydana gelen değişikliklerle de alakalı olabileceğini bildirmişlerdir.

Molina –Calle ve ark. (2017), taze ve siyah sarımsak bileşenlerinin detaylı bir şekilde belirlemek amacıyla üç taze sarımsak ve siyah sarımsak çeşitlerini LC–QTOF MS/MS kullanarak belirlemeye çalışmış ve aralarındaki farklılıkları değerlendirmişlerdir. Taze sarımsakta toplamda 80 bileşik tespit edilmiş, en fazla bulunan bileşik 27 adet amino asit ve türevleri olurken, 18 adet sakkarit ve türevleri, 8 adet lipid, 20 adet organosülfür bileşiği olduğunu; siyah sarımsakta ise toplam 93 bileşik belirlenmiştir. Taze sarımsağa özel aminoasit ve türevleri grubuna ait bileşiklerden sadece triptofan siyah sarımsakta, alanin aminoasidinin ise taze sarımsakta tespit edilemediğini, aminoasitler ve organosülfür bileşikler ısı işleminden büyük ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca iki peptid ve dört aminosit türevi tespit edildiğini, triptofanın ısı işlem sırasında β -Karbolin (norharman)'ı oluşturmak pirüvik asitlereaksiyona girdiğini bu sebepten dolayı siyah sarımsakta triptofan içeriğinin azaldığını ileri sürmüşlerdir.

Liang ve ark. (2015), taze sarımsak ve siyah sarımsak elde edilmesi için uygulanan ısı işleminden kaynaklanan kimyasal değişiklikleri belirlemek için Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) teknolojisi tabanlı bir araştırma yapılmış; taze sarımsakta bulunan 38 bileşiğin ısı işlemle kimyasal değişikliklere uğradığını tespit etmişlerdir. 11 l- aminoasit oranının ısı işlem sürecinin ilk beş gün boyunca arttığını daha sonraki günlerde azalma eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Özellikle fruktoz, glukoz, asetik asit, formik asit, prolutamik asit, sikloalliin ve 5 – HMF içeriğinde değişiklikler olduğunu ortaya koymuştur.

Kang (2016(b)), taze sarımsağa farklı sıcaklık, bağıl nem ve süre uygulanarak meydana gelen fizikokimyasal değişiklikleri araştırmak için; birinci grup sarımsağa

90°C %100 bağıl nem ve 34 saat, ikinci grup için 60°C % 60 bağıl nem 6 saat, üçüncü grup için 75°C % 70 bağıl nem 48 saat, dördüncü grup için 70°C % 60 bağıl nem 60 saat, beşinci grup için 65°C % 50 bağıl nem 192 saat boyunca uygulanmış ve taze sarımsak örnekleriyle karşılaştırmıştır. Taze sarımsağa kıyasla siyah sarımsakta nem içeriği ve pH önemli ölçüde azalma gösterirken kül oranı ve esmerleşme değerinin artış gösterdiğini, ikinci grup ve dördüncü gruptan elde edilen siyah sarımsaklarda toplam mineral ve serbest şeker miktarı diğer grup siyah sarımsaklara göre daha yüksek çıktığı belirlemiştir. Serbest şeker oranı siyah sarımsakta taze sarımsağa karşın 16 kat artış gösterirken, aminoasit içeriği ısıtılmanın ilk basamaklarında artış gösterdiğini ancak sonraki aşamalarda azalış eğiliminde olduğunu tespit etmiş bu çalışma ile ısıtılma basamaklarının siyah sarımsağın kalite özelliklerini belirlemede önemli katkıda bulunduğunu vurgulamıştır.

2.1.10. Taze ve siyah sarımsaktaki Aroma bileşikleri

Kültür sarımsağın sahip olduğu karakteristik tat ve keskin aroması, içerdiği tiyosülfinatlar ve kükürtlü maddeler gibi organosülfür bileşikleri ile ilişkilendirilmiştir. Isıl işlem sürecinde taze sarımsakta her biyoaktif bileşiklerde olduğu aromasında da değişiklikler meydana gelmektedir.

Yang ve ark. (2019), siyah sarımsaktaki aroma bileşiklerinin tayini için gaz kromatografisi-olfaktometri-kütle spektrometrisi (GC-O-MS), gaz kromatografisi-uçuş zamanlı kütle spektrometrisi (GC-TOF/MS) ve duyuşal değerlendirme yöntemlerini kullanarak toplam 52 aroma bileşiği tanımlanmış ve bunlardan aroma ekstraktı seyreltme analizine (AEDA) dayalı olarak yüksek aroma seyreltme (FD) faktörüne sahip 15 tanesini seçip niceliğini belirlemişlerdir. Ayrıca sülfür içeren bileşiklere ek olarak heterosiklik bileşiklerin de siyah sarımsağın aromasına katkıda bulunduğunu ve duyuşal değerlendirme sonucu olarak da siyah sarımsağın lezzet profilinin genel olarak ekşi, tatlı ve kavrulmuş kokulardan oluştuğunu bildirmişlerdir.

Li ve ark. (2021), farklı ısıtılma sürelerinin sarımsak baharat tozunun aroması üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla taze ve farklı sürelerde kurutulmuş beş örnek gaz kromatografisi-olfaktometri (GC-O) ile birlikte katı faz mikroekstraksiyon-gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (SPME/GC-MS) ile analizi yapılmış ve 49 aroma bileşiğini tespit etmişlerdir. Taze ve kurutulmuş sarımsakların aroma profilleri karşılaştırıldığında kurutulmuş sarımsağın daha fazla kükürtlü aroma bileşiğine sahip olduğunu ve taze sarımsağa kıyasla farklı aroma bileşiklerine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Ma ve ark. (2011), taze sarımsaklar oda sıcaklığında 200, 400 ve 600 MPa basınç altında 20 dakika süre ile işlenmiş ve daha sonra ezilerek aroma bileşikleri GC-MS ve GC-olfaktometri ile analiz edilmiş, numunelerde sırasıyla 29, 19 ve 12 çeşit aroma bileşikleri tespit etmişlerdir. Koku aktif bileşenlerin yoğunluğu artan basınçla azaldığını, bunun sonucunda sarımsakların farklı tat yoğunluklarına sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Tokarska ve Karwowska (1983), diklorodiflorometan ekstraksiyonu ile hazırlanan sarımsak ve yabani turpun aroma bileşiklerini gaz kromatografisi (GC) ve gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) kombine edilerek sarımsak ekstraktında mono-, di-, ve trisüflitler içeren 19 bileşik tespit etmişlerdir.

Abe ve ark. (2020), ısıtma süresinin siyah sarımsak aroması üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla sensomic yaklaşımı kullanmışlar ve sonuçları taze sarımsak sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Aroma bileşikleri aroma seyreltme (FD) faktörleri ile aroma özü seyreltme analizi (AEDA) ile belirlemişler, bileşiklerini tanımlama ve konsantrasyonlarını belirlemek için aroma rekombinasyon çözeltisi hazırlanmış daha sonrasında da duyu analizi ile değerlendirmişlerdir. Araştırma sonuçlarında, siyah sarımsakta 13 tane koku bileşiklerini, 39 tane aroma bileşiklerini, aroma bileşiklerinin esterler, aldehit, fenoller, pirazinler ve kükürt içeren bileşikler ile birlikte laktonların olduğunu ve alisin konsantrasyonunun siyah sarımsağa göre taze sarımsakta daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, ısıtma süresinin kimyasal reaksiyonlardaki değişikliklerin, siyah sarımsak aromalarında farklılıklara yol açabileceğini de bildirmişlerdir.

Molina-Calle ve ark. (2017), Headspace- gaz kromatografisi kütle spektrometrisi kullanılarak taze sarımsak ve siyah sarımsağın aroma bileşiklerini araştırmışlardır. Siyah sarımsakta en konsantre aroma bileşiği furfural olarak ve keskin aromaya sahip 2-etil-2-bütenal sadece beyaz sarımsakta, baharatlı aromaya sahip 2-metilpropanal ise sadece siyah sarımsakta belirlemişlerdir.

Scheffler ve ark. (2016), emziren anneler tarafından alınan gıdaların anne sütündeki konsantrasyonunu ölçmek için annelere çiğ sarımsak yedirilmiş ve anne sütündeki çiğ sarımsak aroması ve kokusu gaz kromatografisi-kütle spektrometresi-olfaktometrisi (GC-MS/O) ve duyu testleri kullanarak ölçmüşlerdir. Duyusal değerlendirme sonucu olarak panelistlerin anne sütünün kokusunun değiştiğini, enstrümental analiz sonucu olarak da alil metil sülfür (AMS), alil metil sülfoksit

(AMSO) ve alil metil sülfonun tespit edildiği bildirilmiştir. ,

2.2. Tunceli Dağ Sarımsağı

Ağbaş ve ark. (2013), Tunceli dağ sarımsağının (*Allium tuncelianum*) toplam antioksidan özelliklerinin ve kuru madde içeriğinin normal sarımsak (*Allium sativum* L.) ile karşılaştırmak için yaptıkları çalışmada, Tunceli dağ sarımsağının normal sarımsaktan daha yüksek antiradikal aktivite gösterdiği, daha fazla fenolik bileşik içerdiği ve Tunceli dağ sarımsağının Kastamonu sarımsağından çok daha iyi doğal antioksidan olduğunu belirlenmiştir.

Takım (2020), Tunceli dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum*) farklı ekstraksiyonlarının LC-MS/MS kullanılarak fenolik bileşik miktarlarını karşılaştırmak için yaptığı araştırmada; 25 fenolik bileşik kullanılarak yeni bir LC-MS/MS metodu geliştirmiştir. Tunceli dağ sarımsağında tanımlanan 25 farklı fenolik bileşik taranmış ve 16 fenolik bileşiğin varlığını tespit etmiştir. Çalışmada tek bir çözgen ya da tek bir yöntemle ortalama 13 ± 2 adet fitokimyasal tespit edilebilmesine rağmen ekstraksiyon yöntemi ve çözgen farklılığı bu sayının artmasına sebep olduğu ve elde edilen verilere göre sarımsakta fitokimyasal bileşiklerin aranmasında, tek bir çözgen ve yöntemin yeterli olamayacağı özellikle vurgulanmıştır.

Şehitoğlu ve ark. (2018), Tunceli dağ sarımsağı ile kültür sarımsağının antioksidan kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Tunceli dağ sarımsağında toplam antioksidan IC_{50} değerleri ($72.20 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$), kültür sarımsağında ($63.80 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$); toplam fenolik madde miktarı kültür sarımsağında ($54.60 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$), Tunceli dağ sarımsağında ise ($102.39 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$) olarak belirlemişlerdir. Tunceli dağ sarımsağında p-kumarik asit oranı kültür sarımsağına göre daha yüksek oranda saptamışlardır. Yağ asitleri bileşimleri kıyaslandığında, Tunceli dağ sarımsağının kültür sarımsağına göre daha etkili omega asit düzeyine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Tunceli dağ sarımsağının biyolojik aktivitesi daha yüksek olması nedeniyle, kalp ve kanser hastalıklarının tedavisinde diyetle kullanılması durumunda yararlı olacağını vurgulamışlardır.

Altınterim ve Aksu (2019), masere sarımsak (*Allium sativum* L.) ve Tunceli dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum*) gökkuşuğu alabalıkları üzerinde kan parametrelerine etkilerini araştırmıştır. Bu iki sarımsak türünün yağının çıkarılması için 15 gün boyunca ayçiçeği yağında (1/10 oranında) bekletilmiş ve alabalıkların yemlerine %2 oranında ilave edilerek 42 boyunca günde iki kere beslenmiş ve kan

parametreleri, NBT değerleri ve oksidatif stresi tespit edilmiştir. Kan parametrelerinde kontrol grubu ve sarımsak grubu arasındaki fark önemsiz bulunmuş ancak NBT değerleri ve oksidatif stresinde düşüş tespit edilmiş bunun nedeni de Tunceli dağ sarımsağın içerdiği antioksidan maddelerin normal sarımsağa göre daha yüksek miktarda olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Yüksel (2022), Kunkor mantarı (*Pleurotus eryngii* var. *ferulae*) ile Tunceli dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum*) örnekler farklı gaz karışımları kullanılarak modifiye atmosferde paketlenerek ürünlerin raf ömürleri, kalite ve güvence özelliklerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda % 5 O₂ - % 5 CO₂ karışımı kalite kriterlerini koruyan ve raf ömrünü uzatan ve bu modifiye atmosferle paketlemeyle örneklerin 6 haftaya kadar depolanmasının uygun olduğunu belirlemiştir.

Özkan ve ark.(2022), *Allium tuncelianum* etanolik ekstraktının in vitro antigenotoksik aktivitesini, kromozom aberasyon testi ile insan lenfosit hücre kültürü kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Kromozomal konsantrasyonlarda *A. tuncelianum* etanolik ekstraktının uygulanan tüm konsantrasyonlarda önemli düşüş meydana geldiği ve elde edilen sonuçlara göre *A. tuncelianum*'un mutajenik ve kansere karşı koruyucu bir gıda olarak diyetle tüketilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Yumrutaş ve ark. (2009), *Allium tuncelianum*'un metanol ekstraktlarının in vitro DPPH tekniğiyle antioksidan aktivitesi ile β -karoten içeriğini araştırmışlar ve standart antioksidanlara yakın bir antioksidan aktivite gösterdiğini belirlemişlerdir.

Sökmen ve ark. (1999), *Allium tuncelianum*'un da aralarında bulunduğu 35 tıbbi bitkinin 5 patojenik bakteri ve bir maya türüne karşı in vitro antibakteriyel etkisini araştırmışlardır. *A. macrochaetum* subsp. *tuncelianum* bitkisinin bu beş mikroorganizmaya karşı herhangi bir antibakteriyel aktivite göstermediğini tespit etmişlerdir.

Taşkın ve ark. (1997), *Allium tuncelianum* ile birlikte diğer *Allium* türlerinin (*A. sativum*, *A. scaberrimum*, *A. viride*) 1/10' luk su, eter ve etanoldeki ekstraktlarını antibakteriyel ve antikandidal özelliklerini araştırmışlar ve çalışma sonucunda antibakteriyel ve antikandidal aktivitesinin en yüksek *A. sativum*, *A. tuncelianum*'un da ikinci etkili tür olduğunu belirlemişlerdir.

2.3. Araban Sarımsağı

Şaşmaz (2021), taze Kastamonu sarımsağı ile Antep sarımsağı ile piyasadaki beş farklı sarımsak çeşidi titrasyon asitliği, protein, şeker, fenolik madde miktarı, organik asit, renk, antioksidan kapasitesi ve HMF açısından karşılaştırılmıştır. Antioksidan kapasitenin 4-7 kat arasında artış gösterdiği, 13 adet fenolik bileşik ve taze sarımsaklara ek olarak siyah sarımsaklarda kuersetin-3-O-ramnozit bileşimini, amino asit miktarı bakımından siyah sarımsak örnekleri taze sarımsaklara göre daha fazla aminoasit içerdiğini belirlemiştir. Taze sarımsaklarda HMF bulunmadığını siyah sarımsaklarda 0.008-2.74 g/kg arasında değişim gösterdiğini, taze sarımsaklarda sakkarozun baskın olduğunu, siyah sarımsaklarda genel olarak fruktozun baskın olduğunu; Kastamonu sarımsağında protein miktarı % 6.84, Antep sarımsağında % 7.5, siyah sarımsaklardaki örneklerde ise % 6.26-14.52 arasında değişim gösterdiği ve siyah sarımsaklarda pH değerleri, taze sarımsaklara göre azaldığı ve titrasyon asitliğinde artış görüldüğünü bildirmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan Tunceli dağ sarımsağı ve Araban sarımsağı, Tunceli ilinin Ovacık ilçesinden ve Araban sarımsağı da Gaziantep ilinin Araban ilçesinden yerel üreticiden sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Gaziantep/Araban sarımsağı



Şekil 3.2. Tunceli dağ sarımsağı



Şekil 3.3. Fermentasyon sonucunda elde edilen Tunceli ve Araban siyah sarımsakları



Şekil 3.4. Siyah sarımsakların depolanması

Taze sarımsaklar 65–80°C sıcaklıklarda % 90 nem içeriğinde 20 gün boyunca fermentasyona tabi tutulmuştur. Elde edilen siyah sarımsaklar oda sıcaklığında üç aylık süreyle depolanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kuru Madde Tayini

Sarımsak örnekleri iyice ezilerek homojen hale getirilmiştir. Önceden temizlenmiş, etüvde bekletilmiş ve desikatörde soğutulmuş kurutma kapları sabit

tartıma getirilmiştir. Kurutma kaplarının darası alınarak homojen hale getirilen sarımsak örneklerinden 2 g alınmıştır. Örnekler kurutma kabında 75°C 'de 4-5 saat kurutulmuş ve desikatörde soğutulduktan sonra tartımı yapılmıştır. Son tartımdaki değer baz alınarak kuru madde miktarı aşağıda yazan formüle göre % olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 1992).

3.2.2. Kül Tayini

Temizlenip kurutularak sabit tartıma getirilen porselen krezelerin darası alınmıştır. Daraları alınan porselen krezelerin içine taze ve siyah sarımsaklar örneklerinden 2 g konulmuş ve etüvde 105°C sıcaklıkta örneklerin suyunun uçurulması sağlanmıştır. Daha sonra krezeler kül fırınına alınmış ve 550°C 'de partikül içermeyen beyaz, gri renkte kül elde edilinceye kadar kül fırınında tutulmuş, son olarak da desikatörde soğutularak tartımları yapılmış ve aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Diamantoglou ve ark., 1989).

3.2.3. pH Tayini

Sarımsakların pH'ları, Dijital pH metre kullanılarak daldırma tekniği ile ölçülmüştür. pH ölçümü yapılmadan önce cihaz kalibre edilmiştir. Daha sonra ezilen sarımsak örneklerinden 10'ar gr alınarak küçük bir beherin içine koyulup, 100 ml su ilave edilmiş, homojenize edildikten sonra daldırılarak ölçümleri yapılmıştır (Cemeroğlu, 2007).

3.2.4. Titrasyon Asitliği

Örneklerden 25 ml alınarak erlene koyulmuş, 2-3 damla %1'lik fenolftalein indikatörü eklenmiştir. 0,1 N NaOH çözeltisi ile taze sarımsaklarda ilk hafif pembe renk gözlemlendiği ana kadar, siyah sarımsaklarda ise renk değişimi zor gözlemlendiği için pH metre 8.1'e gelince kadar titre edilmiş ve sonuç sitrik asit cinsinden (%) hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007).

3.2.5. Protein Tayini

Etüvde kurutulan örneklerden 3 mg tartım kabına alındı. Thermo Scientific Elementel Analiz cihazında sonuç % olarak okunmuş, katılar için 6.25 protein belirleme oranı N(azot) katsayısıyla çarpılarak protein oranı belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2007).

3.2.6. Toplam Fenolik Madde Tayini (Folin – Ciocaltaeu)

Folin – Ciocaltaeu yöntemi ile sarımsakların toplam fenolik madde tayini 2 paralelli olarak yapılmıştır. 0.4 ml örnek alınıp üzerine 2 ml Folin – Ciocaltaeu solüsyonu ve 1.6 ml Na₂CO₃ eklenmiş, ortam sıcaklığında ve karanlık ortamda 60 dakika bekletilmiş ve 765 nm absorbansta okuma yapılmıştır (Medina-Remon ve ark., 2009). Örneklerde bulunan toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri (GAE) mg/100mg örnek olarak verilmiştir.

3.2.7. Antioksidan Analizi

DPPH testi için, uygun oranlarda seyreltilmiş 0.1 mL örnek ile 3.9 mL DPPH (25 mg/L) metanolik çözeltisi karıştırılmış ve karanlıkta 30 dk inkübasyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda çözeltilerin absorbanları 515 nm'de okunmuştur. Sonuçlar % olarak hesaplanmıştır (Çam ve ark., 2009).

3.2.8. Fenolik Madde Fraksiyonu

Örneklerin fenolik madde fraksiyonları tayini LC-MS/MS kullanılarak yapılmıştır.

Kullanılan cihaz: Shimadzu LC-MS/MS-8030

Kolon: İnertsil ODS 4; 2µm, 2.1 X 50 mm

Mode: Binary gradient

Pump A: LC-20ADXR

Pump B: LC-20ADXR

Total Flow: 0.4000 mL/min

Mobil Faz A: % 0.1 Formik asit + su

Mobil Faz B: % 0.1 Formik asit + Metanol

B Conc.: 5,0 %

B Curve: 0

PressMax: 660 bar

Autosampler Model: SIL-20ACXR

Oven(Kolon Fırını) Model: CTO-10ASvp

Oven (Kolon Fırını)Temperature: 40°C

Maximum Temperature: 85°C

LC Time Program

5.00 Pumps Pump B Conc. 95

8.00 Pumps Pump B Conc. 95

8.01 Pumps Pump B Conc. 5

14.00 Controller Stop

3.2.9. Yağ Asitleri Tayini

Hazırlanan örnekten 0.1 g alınıp 10 ml hegzan, 0.5 ml 2N KOH+metanol çözeltisi ilave edilip standardize edildi ve bir süre karanlıkta bekletildikten sonra üst fazdan 1 µl alınmış ve yağ asitleri kompozisyonu, Shimadzu marka, GC-MS-QP2020 model cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Yağ asitlerinin ayrımında RESTEK Rtx-Wax kolon (30 m) kullanılmıştır. Kolon sıcaklık programı şu şekilde belirlenmiştir: 50 °C 'de 3 dk beklendikten sonra önce dakikada 15 °C artışla 200 °C'ye ve bu sıcaklıkta 5 dk beklenmiş, sonra ise bu sıcaklıktan dakikada 3°C artışla 230 °C'ye ulaşılmış ve bu sıcaklık derecesinde 12 dk beklenmiştir. Split oranı 1/100 olarak set edilmiştir. Enjeksiyon sıcaklığı 250°C ve enjeksiyon hacmi 1 µl olarak ayarlanmıştır. MS için; iyon kaynağı sıcaklığı 200°C ve arayüz sıcaklığı 240°C'dir.

3.2.10. Aroma Bileşenleri

Sarımsak örneklerindeki yağ düşük sıcaklık ve vakum altında rotary evaporatörle alınmıştır. Örneklerin fenolik madde fraksiyonları tayini GC-MS kullanılarak yapılmıştır.

Cihaz: Shimadzu GCMS-QP2020

Kolon: RESTEK Rtx-Wax

Thickness: 0.25 μ m

Length: 30 m

Diameter: 0.25 mm

Column Oven Temp progra: Temp: 40°C, Hold Time 1 min;

Rate: 10 °C/min Final Temp:150°C Hold Time:2

Rate: 3°C/min Final Temp:240°C Hold Time:16

Injection volume : 1 μ l

Injection Temp: 250°C

Injection Mode: split

Split Ratio: 100

Flow Control Mode: Pressure

Pressure: 53.0 kPa

Purge Flow: 3.0 mL/min

Carrier Gas: He

GC/MS

İon source Temp: 200

Interface Temp: 240

Start Time:1.00

End Time:60.00

Acq. Mode: Scan

Event Time: 0.30sec

Sca Speed: 3333

Start m/z:35.00

End m/z:1000.00

3.2.11. Şeker Miktarı Tayini

Serbest şekerlerin ekstraksiyonunda her bir numuneden 10 gr tartılarak % 50'lik etanollü çözeltide vorteks karıştırıcı yardımıyla çözündürülmüş ve 10 dakika 6000 rpm hızda santrifüj edilmiştir. Üstfaz 0.45 umlik enjektör filtreden geçirilerek viallere Eppendorf tüplerine aktarılıp HPLC cihazında okuma yapılmıştır (Ku ve ark., 2012).

3.2.12. Organik Asit Tayini

Taze ve siyah sarımsaklardan 1 gr numune alındıktan sonra 10 ml saf su ile eklenmiş ve homojen hale getirmek için karıştırılmıştır. 15 dk yüksek hızla santrifüj yapılan örnekler filtrelendikten sonra Eppendorf tüplerine alınarak HPLC'de okuma yapılmıştır (Flores ve ark., 2012).

3.2.13. Renk Analizi

Örneklerin renk ölçümü Color Quest XE model cihazı kullanılarak yapılmıştır. L* değeri beyazlık-parlaklık, a* yeşil-kırmızı, b* sarı-mavi rengi ifade etmektedir (Cemeroğlu, 2007).

3.2.14. Duyusal analizler

Siyah sarımsak örneklerinin duyusal analizleri, Harran Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri ve Yüksek lisans ile Doktora öğrencilerinden oluşturulan 5 kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır. Duyusal analizde çeşit başına 3 diğ olacak şekilde plastik bir kaba konuldu. Rastgele bir harf ile işaretlenen kaplar, aynı anda değerlendirilmesi için panelistlere bir tabakta servis edildi. Siyah sarımsak örnekleri; renk, görünüş, tat, koku, ağızda bıraktığı his ve gecikmiş tat (sonradan hissedilen) gibi özelliklerine 5 puan üzerinden değerlendirilmiştir (Kemp ve ark., 2009; Onoğur ve Elmacı, 2011(a)).

3.2.15. İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada istatistiksel analizler JMP 13 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ortalamaların çoklu karşılaştırılmalarında $p \leq 0.05$ önem seviyesinde çoklu karşılaştırma testine göre sonuçlar değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Taze ve Siyah Sarımsaklara İlişkin Genel Bileşimler

Taze sarımsaklara ait genel bileşim özellikleri, renk, şeker ve antioksidan değerleri Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2. ortalamalara ait çoklu karşılaştırmalar Çizelge 4.3. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Taze sarımsaklara ait genel bileşim özellikleri

Bileşen	Tunceli Sarımsağı	Araban Sarımsağı
pH	5.73	4.39
Titrasyon asitliği g/100g	0.345	0.542
Kül(%)	1.01	1.05
Protein (%)	9.09	7.81
Kuru madde (%)	22.87	23.24
Toplam fenolik madde (mg gallik asit/g)	0.33	0.17
Antioksidan (%)	62.59	55.59
Renk parametreleri		
L*	75.36	72.21
a*	-0.8	2.57
b*	25.12	23.46
Şeker bileşimi (mg/L)		
Glukoz	88.417	-
Fruktoz	341.219	312.996
Sakkaroz	558.089	60.049
Toplam şeker	987.725	373.045

Çizelge 4.2. Siyah Tunceli sarımsağına ait genel bileşim özellikleri

Bileşen	TS 65°C 0.ay	TS 65°C 3.ay	TS 80°C 0.ay	TS 80°C 3.ay
pH	3.99	3.71	4.49	6.13
Titrasyon asitliği g/100g	0.34	0.34	0.33	0.12
Kül(%)	1.05	1.07	1.11	1.12
Protein (%)	8.53	11.26	10.85	10.15
Kuru madde(%)	21.51	20.91	20.51	22.7
Toplam fenolik madde(mg gallik asit/g)	2.47	2.27	0.64	1.28
Antioksidan %	73.21	72.59	60.12	61.42
Renk parametreleri				
L*	38.35	34.62	34.47	33.1
a*	3.19	0.86	1.21	0.54
b*	3.32	2.01	1.72	0.55
Şekerbileşimi (mg/L)				
Glukoz	1259.188	126.922	794.131	809.200
Fruktoz	16703.366	2847.342	3223.360	3390.545
Sakkaroz	3131.703	1594.443	1042.391	2231.965
Toplam şeker	16707.756	4568.707	5059.882	6431.71

Çizelge 4.3. Siyah Araban sarımsağına ait genel bileşim özellikleri

Bileşen	AS 65°C 0.ay	AS 65°C 3.ay	AS 80°C 0.ay	AS 80°C 3.ay
pH	4.22	4.17	4.16	4.07
Titrasyon asitliği g/100g	0.62	0.65	2.68	2.72
Kül(%)	1.1	1.12	1.02	1.13
Protein (%)	7.44	8.76	8.81	7.54
Kuru madde(%)	19.23	21.98	21.01	21.14
Toplam fenolik madde(mg gallik asit/g)	2.18	2.22	0.23	0.22
Antioksidan %	71.42	72.16	58.11	59.43
Renk parametreleri				
L*	43.17	41.66	22.07	37.89
a*	4.09	6.16	1.33	3.26
b*	12.48	12.39	1.07	3.98
Şekerbileşimi (mg/L)				
Glukoz	1314.492	790.310	746.202	1314.492
Fruktoz	18204.110	5539.576	5670.609	18204.110
Sakkaroz	172.361	327.605	864.214	1972.361
Toplam şeker	21490.963	6857.749	7281.025	21490.963

Çizelge 4.4. Farklı değişkenlerin fermentasyon işlemi uygulanan sarımsakların bazı özellikleri üzerine etkisi

Bileşen		Çeşit		İşlem			Depolama	
		Araba n	Tuncel i	Taze	65°C	80°C	0.ay	3.ay
pH		4.26±0.13 ^a	4.73±0.79 ^a	5.04±0.78 ^a	4.11±0.04 ^c	4.33±0.21 ^b	4.21±0.20 ^b	4.52±0.20 ^a
Titrasyon asitliği (%)		1.28±0.02 ^a	0.27±0.12 ^b	0.44±0.11 ^b	0.48±0.16 ^b	1.40±0.05 ^a	0.94±0.02 ^a	0.96±0.01 ^a
Kül (%)		1.08±0.04 ^a	1.05±0.03 ^a	1.07±0.03 ^a	1.07±0.03 ^a	1.06±0.05 ^a	1.07±0.04 ^a	1.11±0.02 ^a
Protein (%)		8.01±0.65 ^b	9.48±0.67 ^a	8.43±0.76 ^b	7.95±0.64 ^b	9.83±0.58 ^a	8.90±0.37 ^a	9.42±0.22 ^a
Kuru madde(%)		20.99±0.48 ^a	21.73±0.49 ^a	22.9±0.45 ^a	20.35±1.44 ^b	20.76±0.55 ^b	20.55±1.03 ^b	21.68±0.82 ^a
Toplam fenolik madde (mg gallik asit/g)		0.86±0.04 ^b	1.14±0.04 ^a	0.24±0.09 ^c	2.32±0.17 ^a	0.43±0.23 ^b	1.38±0.04 ^a	1.50±0.08 ^a
Antioksidan (%)		62.05±0.97 ^b	65.42±0.66 ^a	59.09±0.91 ^b	72.34±0.48 ^a	59.77±0.92 ^b	66.05±0.70 ^a	64.52±0.97 ^a
Renk	L*	46.23±1.36 ^a	49.30±1.78 ^a	74.40±3.37 ^a	40.63±2.96 ^b	28.70±0.82 ^c	34.45±0.67 ^a	36.82±2.70 ^a
	a*	2.94±0.26 ^a	1.20±0.36 ^b	0.89±0.44 ^b	4.04±0.33 ^a	1.27±0.15 ^b	2.65±0.24 ^a	2.71±0.64 ^a
	b*	12.34±0.99 ^a	10.05±1.03 ^a	24.29±1.25 ^a	7.90±0.87 ^b	1.39±0.41 ^c	4.65±0.21 ^a	4.66±0.57 ^a

Çizelge 4.5. Taze ve siyah Tunceli sarımsakların fenolik bileşimleri

Ürün	Tunceli taze	Tunceli 65°C 0.ay	Tunceli 65°C 3.ay	Tunceli 80°C 0.ay	Tunceli 80°C 3.ay
Bileşen (µg/L)					
Asetohidro samik asit	3331.08	1566.1	1501.93	1706.61	1939.29
Vanilik Asit	3568	357.84	585.73	293.58	507.24
Siringik asit	-	416.77	469.75	119.26	181.33
Timokinon	19.4	88.76	-	46.6	73.59
Fumarik Asit	-	-	-	979.81	580.65
Kafeik Asit	237.15	237.69	245.53	306.71	305.85
2-hidrosina mik asit	-	-	-	175.23	74.75
4-Hidroksi benzoik Asit	-	186.1	212.64	244.62	252.74
Protokateşi k asit	28.39	16.02	93.2	103.89	310.8
Floridzinhi drat	-	-	-	-	-
Elagik Asit	-	97.64	51.22	-	-
Kuersetin	-	-	-	-	110.83

Çizelge 4.6. Taze ve siyah Araban sarımsakların fenolik bileşimleri

Ürün	Araban taze	Araban 65°C 0.ay	Araban65° C 3.ay	Araban 80°C 0.ay	Araban 80°C 3.ay
Bileşen (µg/L)					
Asetohidro samik asit	412.21	1557.77	1579.65	1302.66	1348.89
Vanilik Asit	-	-	-	-	-
Siringik asit	-	309.44	263.29	162.32	80.02
Timokinon	-	92.08	94.91	59.33	56.03
Fumarik Asit	5098.12	6688.12	4012.79	2740.91	2538.98
Kafeik Asit	-	488.62	482.27	851.42	659.2
2-hidrosina mik asit	92.92	-	-	121.97	167.14
4-Hidroksi benzoik Asit	-	86.58	82.04	226.13	298.47
Protokateşi k asit	16.02	68.09	57.04	135.65	132.22
Floridzinhi drat	-	1517.69	1849.19	-	-
Elagik Asit	-	-	-	-	-
Kuersetin	-	-	-	-	-

Çizelge 4.7. Taze ve siyah Tunceli sarımsakların yağ asitleri bileşimleri

Ürün	Tunceli taze	Tunceli 65°C 0.ay	Tunceli 65°C 3.ay	Tunceli 80°C 0.ay	Tunceli 80°C 3.ay
Bileşen Area%					
Laurik asit	0.61	-	-	-	-
Oleik asit	43.10	-	-	37.54	37.85
Elaidik asit	3.18	-	1.95	-	31.93
Linoleik asit	16.82	-	28.71	19.20	-
Palmitik asit	3.71	-	23.13	33.62	18.20
Palmitoleik asit	-	-	2.83	-	-
Stearik asit	3.88	-	4.09	4.19	-
Myristik asit	2.16	-	2.03	-	-
Kaproik asit	0.11	-	93.2	-	-
Kaprilik asit	0.15	-	-	-	-
Kaprik asit	0.37		-	-	-
Myristoleik asit	0.19	-	-	5.45	-
Heptadeca noik asit	0.21	-	-	-	-
Alpha- Linolenik asit	0.50	-	3.53	-	-
Araşidik asit	0.18	-	1.29	-	-
1-Dodecan ol (CAS)	-	100	-	-	-
Heneicosan e	-	-	-	-	.12.02

Çizelge 4.8. Taze ve siyah Araban sarımsakların yağ asidi bileşimleri

Ürün	Araban taze	Araban 65° C 0.ay	Araban 65°C 3.ay	Araban 80°C 0.ay	Araban 80° C 3.ay
Bileşen Area%					
Laurik asit	1.45	-	-	-	-
Oleik asit	67.89	26.76	37.59	46.09	42.38
Elaidik asit	4.58	-	-	-	-
Linoleik asit	26.09	48.68	33.59	31.05	19.76
Palmitik asit	-	24.56	24.60	22.86	29.14
Palmitoleik asit	-	-	-	-	-
Stearik asit	-	-	4.22	-	5.00
Myristik asit	-	-	-	-	3.72
Kaproik asit	-	-	-	-	-
Kaprilik asit	-	-	-	-	-
Kaprik asit	-	-	-	-	-
Myristoleik asit	-	-	-	-	-
Heptadeca noik asit	-	-	-	-	-
Alpha- Linolenik asit	-	-	-	-	-
Araşidik asit	-	-	-	-	-
1-Dodecan ol (CAS)	-	-	-	-	-
Heneicosan e	-	-	-	-	.-

Çizelge 4.9. Taze ve siyah Tunceli sarımsakların aroma miktarları

Ürün	Tunceli taze	Tunceli 65°C 0.ay	Tunceli 65°C 3.ay	Tunceli 80°C 0.ay	Tunceli 80°C 3.ay
Bileşen Area%					
Methane,di chloro- (CAS)	61.8	54.69	64.45	55.73	51.39
Benzene	1.06	1.34	0.98	1.04	1.08
Ethene, trichloro- (CAS)	11.30	14.78	9.63	11.56	11.03
1-Tetradec anol (CAS)	6.72	-	-	-	-
Tributyl acetylciirat e	4.30	-	19.54	27.53	31.42
Phenol, 3-p entadecyl-	-	-	-	-	-
Benzene, 1, 3,5-trimeth yl- (CAS)	0.71	1.12	-	-	-
1-Hexadec anol (CAS)	-	-	-	-	-
Benzene, 1, 2,3-trimeth yl- (CAS)	-	-	0.52	0.70	0.62
Acrylic acid tetrad ecanyl ester	4.11	2.74	0.82	1.78	1.91
Docosane	-	0.20	-	-	-

(CAS)					
Propanoic acid, decyl ester	-	-	-	5.45	-
Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	-	-	0.50	-	0.67
Hexanedioic acid, dioctyl ester (CAS)	-	-	-	1.29	1.23
Tributyl acetylcitrate	4.30	22.55	1.29	-	-
1-Dodecanol (CAS)	-	-	-	-	-
1H-Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)	1.44	-	-	-	.12.02
1H-Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)	2.47	-	-	-	-
1H-Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl)methyl]- (CAS)	1.30	-	-	-	-
n-Hexadecanoic acid	5.41	-	-	-	-
Hexadecane	-	0.55	-	0.37	-

Çizelge 4.10. Taze ve siyah Araban sarımsakların aroma miktarları

Ürün	Araban	Araban	Araban	Araban80°	Araban
Bileşen Area%	taze	65°C 0.ay	65°C 3.ay	C 0.ay	80°C 3.ay
Methane,di chloro- (CAS)	65.17	69.31	84.96	75.93	68.36
Benzene	0.85	0.94	1.24	1.00	0.96
Ethene, trichloro- (CAS)	7.14	8.80	11.47	9.73	9.31
1-Tetradec anol (CAS)	0.99	-	-	0.64	-
Tributyl acetylcitrat e	10.65	19.72	-	9.23	-
Phenol,3-p entadecyl-	15.19	-	-	-	-
Benzene, 1, 3,5-trimeth yl- (CAS)	-	0.41	-	0.64	-
1-Hexadeca nol (CAS)	-	0.81	-	-	1.35
Benzene, 1, 2,3-trimeth yl- (CAS)	-	-	0.57	-	0.57
Acrylic acid tetrad ecanylester	-	-	1.76	1.93	-
Docosane (CAS)	-	-	-	0.24	-
Propanoica cid, decyl ester	-	-	-	0.64	-
Benzene,1- ethyl-3-met hyl-	-	-	-	-	0.52

Hexanedioic acid, dioctyl ester (CAS)	-	-	-	-	1.23
Tributyl acetylcitrate	-		-	-	17.70

Çizelge 4.11. Taze ve siyah Tunceli sarımsakların organik asit miktarları

Ürün	Tunceli	Tunceli	Tunceli	Tunceli	Tunceli
Bileşen	taze	65°C 0.ay	65°C 3.ay	80°C 0.ay	80°C 3.ay
Area%					
sitrik asit	527.044	112.625	506.241	528.163	1338.296
asetik asit	-	163.888	-	-	-
propiyonik asit	969.172	-	-	122.220	-
laktik asit	339.178	587.514	2253.975	940.939	1240.510
butirik asit	44.839	320.241	591.598	184.195	-

Çizelge 4.12. Taze ve siyah Araban sarımsakların organik asit miktarları

Ürün	Araban	Araban	Araban	Araban	Araban
Bileşen	taze	65°C 0.ay	65°C 3.ay	80°C 0.ay	80°C 3.ay
Area%					
sitrik asit	99.487	495.332	136.175	-	-
asetik asit	292.430	-	-	-	-
propiyonik asit	99.396	-	-	416.932	335.000
laktik asit	79.174	2193.586	1068.336	933.462	778.000
butirik asit	1115.488	582.347	423.840	118.639	129.378

5. TARTIŞMA

5.1. Taze ve Siyah Sarımsaklara İlişkin Genel Bileşimler

5.1.1. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki pH ve Titrasyon Asitliği

Gıdaların, Türk Gıda Kodeksi ya da Türk Standardı uygunluğunun tespitinde de pH ölçümünden yararlanılmakta; pH değeri, hammadde, yarı mamul ya da son ürün kalite kontrolü ve son ürün mikrobiyal güvenliği için kullanılan parametrelerden biridir. Gıdaların renk, aroma ve yapısal özellikleri pH'a bağlı olarak değişebilmekte, gıda ürünlerinin dokusu, tüketicinin kabulünü etkilediği için en önemli kalite parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır (Aksoy, 2021; Tijkens ve ark., 2001). Ayrıca pH değeri, meyve-sebzelerin renginden sorumlu pigmentler (klorofil, karotenoidler, antosiyaninler vb.) üzerinde önemli bir etkiye sahip, özellikle işlenmiş meyve-sebzelerin renk bileşikleri, mikroorganizma varlığı ve enzimlerin inaktivasyonu veya etkisizliği nedeniyle ısıtılma sırasında değişebilmekte, bu durumun sonucu olarak gıdada istenen ya da istenmeyen hem enzimatik hem de enzimatik olmayan reaksiyonlara sebebiyet verebilmektedir (Andres-Bello ve ark., 2013; Wahyuningsih ve ark., 2016). Ayrıca gıdalarda titrasyon asitliği tayini kalite özelliklerinin belirlemek amacıyla en çok kullanılan tekniklerden biridir. Depolama süresi boyunca gıdanın sahip olduğunu tadın değişmesi, özellikle asitliğin artması gıdada mikrobiyolojik ve/veya kimyasal bozulmanın belirtisi olabilmektedir. Taze Tunceli sarımsağı ve taze Araban sarımsağından elde edilen siyah sarımsakların farklı üretim sıcaklıklarının ve depolamanın pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine etkileri yapılan analizlerde elde edilen veriler Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.'de görüldüğü gibi sarımsaklar çeşit bakımından pH değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı 4.26 ve Tunceli sarımsağı 4.73 olarak bulunmuş ve bu farklılığın istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır. Uygulanan ısıtılma sıcaklığı bakımından pH değerleri taze sarımsaklar için 5.04, 65°C'de üretilen siyah sarımsaklar için 4.11 ve 80°C'de üretilen siyah sarımsaklar ise 4.33 olarak dalgalı bir değişim göstermiş, bu değişimin de istatistiksel yönden önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Fermantasyon süreci boyunca taze sarımsaklara kıyasla siyah sarımsak örneklerinde gözlemlenen pH değerinde azalmanın, üretim süreci boyunca oluşan organik asitlerle (laktik asit, asetik asit vb.) ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yapılan birçok çalışmada fermantasyon sürecinin bir sonucu olarak sarımsak örneklerinin pH değerlerinde önemli bir azalma olduğu belirlenmiştir. Toledano - Medina ve ark. (2016), sarımsaklar üç farklı sıcaklıkta (72°C, 75°C ve 78°C) ve %90

nemde ısıtma işlemi uygulanmış, taze sarımsakta pH'ı 6.31, siyah sarımsakta pH değerleri sırasıyla 72°C'de 3.52-4.87, 75°C'de 3.52-5.08 ve 78°C'de 3.74-5.22 aralığında değiştiğini; ve Zhang ve ark. (2015), taze sarımsağın pH değerini 6.25, siyah sarımsağın pH değerinin zamanla azaldığını; Bedrníček ve ark. (2021), 7 farklı taze sarımsak örneklerinin pH değerlerinin 5.99- 6.06, bu taze sarımsaklardan farklı sıcaklıklarda üretilen siyah sarımsakların pH değerlerinin ise 4.24-4.48 aralığında değiştiğini; Choi ve ark. (2008), taze sarımsakta pH'ı 6.8 siyah sarımsakta 4.4; Zhang ve ark. (2016), taze sarımsakta asitliği 4.6 g/kg, siyah sarımsaklarda 60°C'de 33.61 g/kg, 70°C'de 37.50 g/kg, 80°C'de 30.96 g/kg, 90°C'de 36.37 52 g/kg olarak, Kang (2016), taze sarımsağın pH'sını 6.29, farklı ısıtma işlem basamaklarında üretilen siyah sarımsağın pH'sını 4.22-5.27 arasında değişim gösterdiğini; Tahir ve ark. (2021), taze sarımsak örneklerinin pH değerlerinin 5.89-6.01, siyah sarımsak örneklerinin ise 4.09-4.18 aralığında değişim gösterdiğini; Setiyoningrum ve ark. (2021), edilmiş taze sarımsak örneğinin pH değeri 6.06 ve 72°C su banyosunda 7, 14 ve 21 gün boyunca fermente edilmiş siyah sarımsak örneklerinin pH değerlerinin sırasıyla 4.94, 4.31 ve 3.47; Ahmed ve Shivhare (2001), yaptığı çalışmada sarımsağın pH değerlerini 5.8; Boonpeng ve ark. (2014), pH değerlerini 6.09; Arslaner ve ark. (2017), Çin ve Taşköprü sarımsaklarının pH değerlerini sırası ile 6.22 ve 6.15; Şaşmaz (2021), taze Araban ve Kastamonu sarımsakların pH'larının 6.15-6.32, siyah sarımsak örneklerinde ise pH 3.63-4.49 arasında değişim gösterdiğini; Peker (2019), tarafından yapılan çalışmada Taşköprü sarımsağının pH değeri 6,54-6,67, Diyarbakır/Çermik sarımsağının pH değeri 6.52-6.63; Tunceli sarımsağının pH değeri ise 6.84-6.94 aralığında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmalarda elde edilen veriler, çalışmamızla benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Siyah sarımsak üretimi boyunca mikrobiyal gelişimi ve oynadıkları rol hakkında yapılan çalışmalar çok azdır. Ancak bazı çalışmalar Wang ve ark. (2010), 70°C'de üretilen siyah sarımsakta *Lactobacillus* türünün gelişiminin gözlemlenmediğini, Qiu ve ark. (2018), siyah sarımsak üretimi sırasında *Thermus* ve *Bacillus* gibi bazı mikroorganizmaların gelişim gösterdiğini bu durumun asitliği arttırdığını ancak siyah sarımsağın yapısının oluşmasında mikroorganizmaların değil Maillard reaksiyonu başta olmak üzere birçok kimyasal reaksiyonun etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.3.'de verilen bu verilere göre örneklerin titrasyon asitlik değeri sitrik asit cinsinden belirlenmiştir. Sarımsaklar çeşit bakımından titrasyon asitliği değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı % 1.28 ve Tunceli sarımsağı % 0.27 olarak bulunmuş ve bu farklılığın istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Uygulanan ısı işlem sıcaklığı bakımından titrasyon asitliği değerleri taze sarımsaklar için % 0.44, 65°C’de üretilen siyah sarımsaklar için % 0.48 ve 80°C’de üretilen siyah sarımsaklar ise % 1.40 olarak önemli bir artış göstermiştir. 3 aylık depolama süresi ve şartlarının titrasyon asitliği değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermektedir. Arslaner ve ark. (2017), yaptığı çalışmada Çin sarımsağı ve Taşköprü sarımsaklarının titrasyon asitliği değerlerini sırası ile % 0,427 ve % 0,620, Yüksel (2022), Taze Tunceli sarımsağı örneğinde titrasyon asitliğini % 0.28; Kahyaoğlu (2021), Kastamonu sarımsaklarının titrasyon asitliği değerlerinin % 0.48-0.50 aralığında değişim gösterdiğini; Şaşmaz (2021), Antep ve Kastamonu taze sarımsağının titrasyon asitliği sırasıyla 0.78 ve 0.75, siyah sarımsak örneklerinde titrasyon asitliği 10.36-15.49 g/100 g arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Siyah sarımsak örneklerinin taze sarımsaklara kıyasla titrasyon asitliğinin artması, ısı işlem sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonunda Amadori ürünlerinin ve dikarbonik bileşiklerinin bozulmasıyla oluşan kısa zincirli karboksilik asitlerin, taze sarımsakta bulunan glukoz, fruktoz ve sakkaroz gibi şekerlerden karboksilik asitlerin ve kahverengi bileşiklerin oluşmasının ve mikrobiyal gelişiminin yol açabileceği düşünülmektedir.

5.1.2. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Kül Miktarı

Kül tayini gıdanın organik maddelerinin yanmasından sonra kalan mineralleri içeren organik kalıntıların tespiti için yapılmaktadır. Minerallerin çoğu gıdalarda organik maddelere (protein, yağ, karbonhidrat vb.) bağlı olarak bulunmaktadır. Kül tayini sonucu oluşan külde, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, bol miktarda bulunurken; demir, bakır, çinko, mangan, alüminyum, iyot, arsenik ve diğer iz elementler az miktarda bulunmaktadır. Standartlara uygunluğun kontrolü için, beslenme açısından, yüksek mineral konsantrasyonu mikroorganizma gelişimini geciktirebilmesi bakımından, gıdaların tat, görünüş, tekstür ve stabilitesi için, gıdaların elde edildiği kaynakta herhangi bir hastalığın veya anormalliğin varlığı hakkında bilgi vermesi, suyun sertliğini belirlenmesi amacıyla kül analizi gıda sektöründe önemlidir (Özlü, 2009). Taze Tunceli ve Araban sarımsağından elde edilen siyah sarımsakların farklı üretim sıcaklıklarının kül değerleri üzerine etkileri yapılan analizlerde elde edilen veriler Çizelge 4.3.’de verilmiştir.

Sarımsaklar çeşit bakımından kül değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı % 1.08 ve Tunceli sarımsağı % 1.05 olarak bulunmuş ve bu istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır. Uygulanan ısı işlem bakımından kül değerleri taze sarımsaklar için %1.07, 65°C’de üretilen siyah sarımsaklar için % 1.07 ve 80°C’de

üretilen siyah sarımsaklar ise % 1.06 olarak belirlenmiştir. Yüksel (2022), taze Tunceli sarımsağında kül değerini % 1.2, Haciseferoğulları ve ark. (2005), kül miktarını %2.30; Tahir ve ark. (2021), taze sarımsak örneklerinin kül değerlerinin 0.83-1.70 g/100g, siyah sarımsak örneklerinin ise 0.51-0.67 g/100g aralığında değişim gösterdiğini; Dewi ve Mustika (2018), 70°C 30 gün, 40 gün, 60 gün ve 90 gün boyunca fermente edilen siyah sarımsaklarda kül değerleri sırasıyla % 1.78, % 1.65, % 1.93, % 2.72; Chua ve ark. (2022), taze sarımsakta kül miktarı % 1.7 siyah sarımsaklarda % 2-2.3 aralığında değiştiğini, Resende Nassur ve ark. (2018), taze sarımsağın kül içeriğini % 3.01, siyah sarımsağın kül içeriğini % 3.36 olarak belirlemişlerdir. Taze ve siyah sarımsaklarda kül miktarlarında önemli bir değişiklik bulunmamasına karşın az miktarda da olsa farklılık olması taze sarımsaklarda çimlenme meydana gelmeye başlaması, sarımsakların hasat dönemlerinin farklı olmasıyla birlikte kül miktarlarının mevsimsel olarak değişiklik gösterebileceği düşünülmektedir.

5.1.3. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Kuru madde ve Nem Değerleri

Kuru madde tayini, gıdaların kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla en çok yapılan analizlerden biridir. Gıdalarda kuru madde miktarı, mevzuattaki sınırlamalar, maliyet, mikrobiyal aktivite, gıdaların raf ömrünün belirlenmesi, tekstür, tat ve yapı açısından önem arz etmektedir. Taze Tunceli sarımsağı ve taze Araban sarımsağından elde edilen siyah sarımsakların farklı üretim sıcaklıklarının kuru madde üzerine etkileri yapılan analizlerde elde edilen veriler Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Sarımsaklar çeşit bakımından kuru madde değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı % 20.99 ve Tunceli sarımsağı % 21.73 olarak bulunmuştur. Uygulanan ısı işlem sıcaklıkları bakımından kuru madde değerleri taze sarımsaklar için % 22.99, 65°C'de üretilen siyah sarımsaklar için % 20.35 ve 80°C'de üretilen siyah sarımsaklar ise % 20.76 olarak belirlenmiş, taze sarımsakların kuru madde değerleri, ısı işlem görmüş siyah sarımsaklar arasında önemli miktarda azalma tespit edilmiş ($p < 0.05$), ancak 65°C ve 80°C sıcaklıklar için kuru madde değerleri açısından istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır. 3 aylık depolama süresi boyunca kuru madde değerlerinde istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır.

Yüksel (2022), taze Tunceli sarımsağında kuru madde değerini % 43.56, Haciseferoğulları ve ark. (2005), Taşköprü sarımsağının kuru madde içeriğini % 33.68; Boonpeng ve ark. (2014), *Allium sativum* L. kuru madde içeriğini % 35.63;

Aasim (2015), Tunceli sarımsağının kuru madde içeriğini % 37.94; Putnik ve ark., (2019), Allium türlerinin kuru madde içeriği % 40.4; Şaşmaz (2021), taze Araban sarımsağının nem miktarlarını % 65.37, Kastamonu sarımsağının nem miktarını % 60.34, siyah sarımsak örneklerinde ise nem içeriğini ise % 30.31-67.9 arasında değiştiğini; Tahir ve ark. (2021), taze sarımsak örneklerinin nem değerlerinin % 64.3-67.5, siyah sarımsak örneklerinin ise % 29.5-31.35 aralığında değişim gösterdiğini; Kang (2016), taze sarımsakların nem miktarını % 62.31, farklı ısı işlem sıcaklıkları uygulanarak üretilen siyah sarımsakların ise % 39.03-58.48 arasında değişiklik gösterdiğini; Toledano - Medina ve ark. (2016), sarımsaklar üç farklı sıcaklıkta (72°C, 75°C ve 78°C) ve % 90 nemde ısı işlem uygulanmış, taze sarımsakta kuru madde değerini 37.33, siyah sarımsakta kuru madde değerleri sırasıyla 72°C'de 3.52-4.87, 75°C'de 38.75-47.50 ve 78°C'de 39.33-45.33 aralığında değiştiğini; Ding ve ark. (2020), siyah sarımsağın nem içeriğini % 21.70, Zhang ve ark. (2016), siyah sarımsakların nem içeriğinin % 45-54 olduğunda daha bir yumuşak yapıya sahip olduğunu, nem içeriği % 35'in altına indiğinde yapının çok kuru ve sert olduğunu, Botas ve ark. (2019), taze sarımsağın nem miktarını % 54, siyah sarımsağın nem miktarını % 62; Dewi ve Mustika (2018), 70°C 30 gün, 40 gün, 60 gün ve 90 gün boyunca fermente edilen siyah sarımsaklarda nem değerleri sırasıyla % 62.25, % 62.08, % 63.54, % 38.97; Choi ve ark. (2008), taze sarımsağın nem miktarını % 66.7, siyah sarımsağın % 58.2; Resende Nassur ve ark. (2018), taze sarımsağın nem içeriğini % 72.42, siyah sarımsağın nem içeriğini % 79.42 olarak belirlemişlerdir. Literatürler incelendiğinde Tunceli sarımsağının Taşköprü sarımsağına göre daha fazla kuru madde içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Sarımsakların cinsine, yetiştiği coğrafi koşullara, hasat zamanlarına, hasat sonrası depolama koşullarına göre ve depolama boyunca sarımsakta meydana gelen nem kaybının kuru madde miktarlarında değişiklik gösterebileceği düşünülmektedir.

5.1.4. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Protein Değerleri

Gıdaların mevcut kalite standartlarına uygunluğunu, gıdanın beslenme değerini, proteinlerin sahip olduğu bazı fonksiyonel özelliklerini, gıdanın genel bileşimini, satışa sunulacak gıdanın fiyatını tespit etmek, herhangi bir işleme tekniğinin proteinler üzerindeki etkisini, gıda içerisindeki protein çeşitlerini ve yapısal özelliklerini tespit amacıyla protein tayini yapılmaktadır (Sevim, 2021; Şaşmaz, 2021; Yüksel, 2022; Yetim, 2001). Taze Tunceli sarımsağı ve Araban sarımsağının ve bu sarımsak çeşitlerinden elde edilen siyah sarımsakların farklı üretim sıcaklıklarının protein miktarı üzerine etkileri yapılan analizlerde elde edilen veriler Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Sarımsaklar çeşit bakımından protein değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı % 8.01 ve Tunceli sarımsağı % 9.48 olarak bulunmuştur. Uygulanan ısı işlem sıcaklıkları bakımından protein değerleri taze sarımsaklar için % 8.43, 65°C'de üretilen siyah sarımsaklar için % 7.95 ve 80°C'de üretilen siyah sarımsaklar ise % 9.83 olarak belirlenmiş, taze sarımsakların protein değerleri, ısı işlem görmüş siyah sarımsaklar arasında önemli miktarda artış tespit edilmiş, ayrıca 65°C ve 80°C sıcaklıklar için protein değerleri açısından istatistiksel yönden önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). 3 aylık depolama süresi boyunca protein değerlerinde istatistiksel yönden önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Botas ve ark. (2019); taze sarımsağın protein içeriğini 6.5 g/100 g, siyah sarımsağın ise 7.4 g /100 g; Liu ve ark. (2018), taze sarımsağın protein miktarını %10.26, siyah sarımsağın protein miktarını % 10.26; Şaşmaz (2021), taze Araban sarımsağının protein içeriğini % 7.5, Kastamonu sarımsağının protein miktarını % 6.84, siyah sarımsak örneklerinde ise protein içeriğini ise % 6.26-14.52 arasında değiştiğini; Sasaki ve ark. (2007), taze sarımsak örneklerinin protein içeriğini % 8.4, siyah sarımsak örneklerinin protein içeriğini % 9.75; Tahir ve ark. (2021), taze sarımsak örneklerinin protein değerlerinin % 6.38-8.57, siyah sarımsak örneklerinin ise % 8.5-9.1 aralığında değişim gösterdiğini; Dewi ve Mustika (2018), 70°C 30 gün, 40 gün, 60 gün ve 90 gün boyunca fermente edilen siyah sarımsaklarda protein değerleri sırasıyla % 6.18, % 7.04, % 7.52, % 7.42; Saeed ve ark. (2021), taze sarımsak için protein miktarı % 8.4, siyah sarımsak için % 9.1; Akkan (2013), taze Tunceli sarımsağının protein içeriğini 2.38 g/100 g; İpek ve ark. (2023), Tunceli sarımsağının protein içeriğini 7.22 g /100 g olarak tespit etmişlerdir. Taze sarımsaklara uygulanan ısı işlem uygulaması protein denatürasyonuna ve Maillard reaksiyonunda yer alan amino asitlerin sentezine neden olmakta, bu çalışmadaki protein miktarındaki azalma Maillard reaksiyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1.5. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Şeker Miktarı

Taze sarımsak yüksek oranda indirgen olmayan sakkarit olan galaktan ve fruktan içermekte olup; fruktanlar asidik ortamda, yüksek sıcaklıklarda stabil olmaması ile birlikte fermentasyon süreci boyunca pH değerinin azalmasıyla birlikte glikoz, sakkaroz ve fruktoza parçalanmasıyla oluşan bu indirgen şekerler Maillard reaksiyonlarında kullanılırlar. Fermentasyon sonunda taze sarımsağın sahip olduğu acı tat azalıp daha tatlı hale gelmekte, siyah sarımsağa özgü olan renk oluşmakta ve

yapısı da yumuşamaktadır (Yuan ve ark., 2016; Kimura ve ark., 2017). Zhang ve ark. (2015), fermantasyonla elde edilen siyah sarımsakta baskın şekerlerin fruktoz (% 57.14), sakkaroz (% 7.62) ve glukoz (% 6.78) olduğunu, Martínez-Casas ve ark. (2017), HPLC kullanarak ısı işlem etkisiyle şeker miktarlarını incelediği çalışmada en yüksek artışı fruktozda (% 0.38'den 44.73'e) ve glukozda (% 0.21'den 2.51'e) görüldüğünü tespit etmişlerdir. Aoudeh ve ark. (2023), farklı sıcaklık uygulamaları kullanarak siyah sarımsaktaki şeker miktarlarını inceledikleri çalışmada, çiğ sarımsağa göre siyah sarımsakta şeker miktarında artış görüldüğünü ve baskın şekerlerin fruktoz (% 237) ve sakkaroz (% 26.94); Dewi ve Mustika (2018), 70°C 30 gün, 40 gün, 60 gün ve 90 gün boyunca fermente edilen siyah sarımsaklarda şeker değerleri sırasıyla % 18.19, % 27.05, % 25.80, % 45.47; İpek ve ark. (2023), Tunceli sarımsağının şeker içeriğini 7.22 g /100 g olduğunu bildirmişlerdir.

Taze ve siyah sarımsaklarda glikoz, fruktoz ve sakkaroz bileşikleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.). Taze Tunceli dağ sarımsağında sakkarozun (558.089 mg/L) daha baskın bulunduğu ve miktarsal olarak bunu fruktoz (341.219 mg/L) ve glukozun (88.417 mg/L) takip ettiği ve toplam şekerin (987.725 mg/L) olduğu belirlenmiştir. Taze Araban sarımsağında da fruktozun (312.996 mg/L) yoğun olduğu bunu sakkaroz (60.049 mg/L) takip ettiği, toplam şeker miktarının da (373.045 mg/L) olduğu bulunmuş ancak glukoz miktarı belirlenememiştir. Tunceli dağ sarımsağının 80°C sıcaklıktaki üretimindeki glukoz, fruktoz ve sakkaroz miktarlarının 65°C'deki üretim sıcaklığına göre daha düşük olduğu tespit edilmiş, bu azalma da fermantasyon sonunda meydana gelen karakteristik rengin oluşmasına katkıda bulunan esmerleşme ürünlerinin yapısına katıldığı düşünülmektedir. Üretimde kullanılan sarımsak çeşidine göre uygulanan sıcaklık ve fermantasyon süresi de şeker içeriği üzerinde etkili olmaktadır. Tunceli sarımsağının tek dişli, daha küçük yapıya sahip olması Araban sarımsağına göre yüksek sıcaklıkta fermantasyona tabi tutulduğunda şeker içeriğinde azalma gözlemlenmiş ancak Araban sarımsağında yüksek sıcaklıkta şeker içeriğinde artış belirlenmiştir. Siyah sarımsak üretimi için yüksek sıcaklıklar kullanıldığında önemli miktarda indirgen şekerin karamelizasyon ve Maillard reaksiyonunda kullanılmasını göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Ayrıca esmerleşme ürünleri fermantasyon sırasında uygulanan ısı işlemin sonucunda oluştuğu gibi, depolama sırasında da yavaş hızda da olsa devam edebilmektedir. Siyah sarımsaklarda ısı işlemin etkisiyle açığa çıkan karakteristik renk uygulanan yüksek sıcaklığa göre şiddetlenen ancak düşük sıcaklıklarda da zamana bağlı olarak değişim gösteren bir olaydır. Siyah sarımsaklarda depolama süresi boyunca meydana gelen toplam şeker ve indirgeyici şeker miktarlarındaki artış ve azalışlar da uygulanan fermantasyon sıcaklığına göre daha düşük sıcaklıklarda depolanması bu

reaksiyonların devam edebileceği ayrıca mikrobiyal gelişmenin de neden olabileceği düşünülebilir.

5.1.6. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Toplam Fenolik Madde Miktarı

Fenolik bileşikler, bir ve/veya daha fazla hidroksil grubu taşıyan, bir ve/veya daha fazla aromatik halkadan oluşan, hidrojen donörleri veya elektron verici ajanlar olarak kapsamlı serbest radikal süpürme aktiviteleri ve metal iyonu şelatlama özellikleri sergileyebilen bileşiklerdir. Sarımsak, yetiştirildiği iklim ve toprak özelliklerine göre farklılık göstermekle birlikte yüksek oranda fenolik bileşik içermektedir (Lanzotti ve ark., 2006; Vermerris ve Nicholson, 2006; Dai ve Mumper, 2010; Bourgaud ve ark., 2001).

Fenolik bileşikler sekonder metabolitler olarak bilinirler ve birçok biyolojik özelliğe ve farmakolojik etkilere sahiptirler (Lanzotti ve ark., 2006). Tunceli sarımsağı ve Araban sarımsağından elde edilen siyah sarımsakların farklı üretim sıcaklıklarının toplam fenolik madde miktarları üzerine etkileri yapılan analizlerde elde edilen veriler Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Sarımsaklar çeşit bakımından toplam fenolik madde miktarı değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı 0.86 mg GAE/g ve Tunceli sarımsağı 1.14 mg GAE/g olarak bulunmuş ve bu istatistiksel yönden önemli bulunmuştur. Uygulanan ısı işlem sıcaklıkları bakımından toplam fenolik madde miktarları taze sarımsaklar için 0.24 mgGAE/g, 65°C'de üretilen siyah sarımsaklar için 2.32 mgGAE/g ve 80°C'de üretilen siyah sarımsaklar ise 0.43 mgGAE/g olarak belirlenmiş, taze sarımsakların toplam fenolik madde miktarları, ısı işlem görmüş siyah sarımsaklar arasında dalgalı bir değişim göstermiş, bu değişimin de istatistiksel yönden önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). 3 aylık depolama süresi boyunca toplam fenolik madde değerlerinde istatistiksel yönden önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Yüksel (2022), taze Tunceli sarımsağına toplam fenolik madde miktarını 327.84 mgGAE/kg; Ağbaş ve ark. (2013), Tunceli ve Kastamonu sarımsakların su ve etanollü ekstraksiyonları ile toplam fenolik madde miktarlarını sulu Tunceli sarımsağı ekstraktında 54.25 mgGAE/g, etanollü Tunceli ekstraktında 16.21 mgGAE/g, sulu Taşköprü sarımsağına 49.47 mgGAE/g, etanollü Taşköprü sarımsağına 4.01 mgGAE/g; Babacan ve ark. (2018), *Allium tuncelianum*' un metanol ile ekstraksiyonunda toplam fenolik madde miktarını 4.8 mgGAE/g; Karaaslan ve ark. (2019) ise yaptıkları çalışmada *Allium tuncelianum*' un farklı

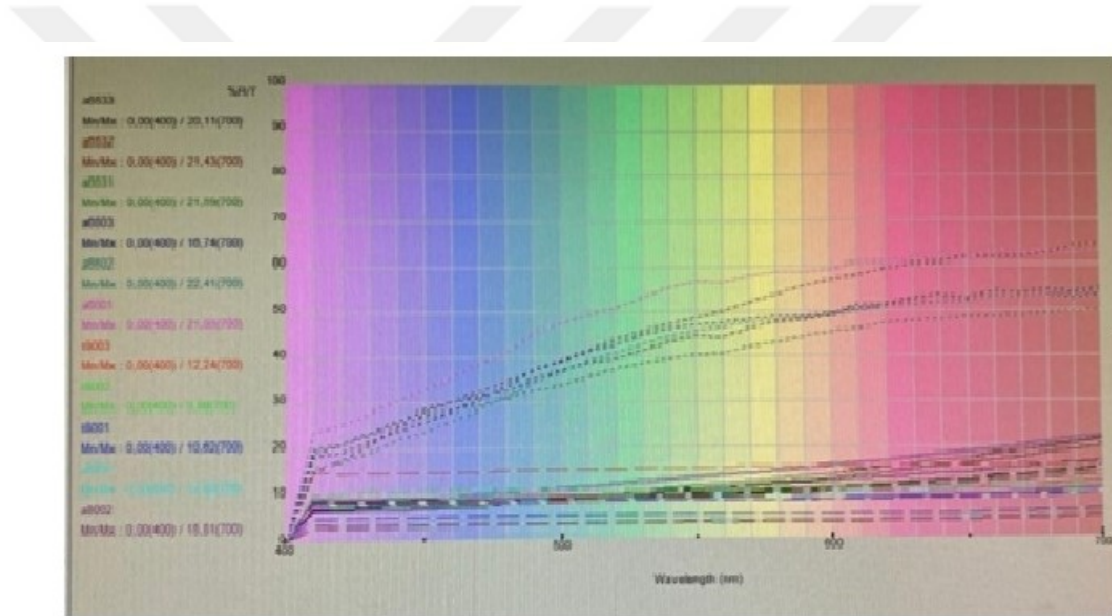
çözücü ekstraktları ile fenolik içeriklerini hazırlamış, toplam fenolik madde miktarının 0.027- 0.206 mgGAE/g aralığında değiştiğini ve en yüksek toplam fenolik madde miktarını ie su ile ekstraktlarında elde ettiklerini belirtmişler; Karakaya ve ark. (2019), *Allium tuncelianum*' un metanol ekstraksiyonunda toplam fenolik madde miktarı 377.25 mgGAE/g olarak bulmuş, toplam fenolik madde miktarını en düşük hegzanlı ekstraktelerde (67.78 mgGAE/g) ve en yüksek etil asetatlı ekstraktlarında (666.45 mgGAE/g) elde etmişler; Arslaner ve ark. (2017), Çin ve Taşköprü sarımsaklarının toplam fenolik madde miktarlarını sırası ile 8.00 mgGAE/g ve 8.04 mgGAE/g; Gorinstein ve ark. (2006), sarımsak örneklerini su, metanol/su, etanol ve aseton/su ile ekstrakte etmiş, kuru ağırlıkta toplam fenolik madde miktarını su için 1.47 mgGAE/g, metanol/su için 10 mgGAE/g, etanol için 5.73 mgGAE/g ve aseton/su için 2.19 mgGAE/g; Kozan (2012), Kastamonu sarımsağında toplam fenolik madde miktarını 5,418 mM GAE/g, Denizli sarımsağında ise 4.49 mM GAE/g; Şaşmaz (2021), taze Araban sarımsağının toplam fenolik madde miktarı 225.94 mg /100 g, Kastamonu sarımsağının toplam fenolik madde miktarı 356.33 mg /100 g, siyah sarımsak örneklerinde ise toplam fenolik madde miktarı ise 662.67- 812.67 mg /100 g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Queiroz ve ark. (2009), soyulmuş sarımsakları (200 g) poşetlerde oda sıcaklığında depolamış, iki aylık depolamanın sonunda toplam fenolik madde miktarının 6,99 mgGAE/g 'den 8,70 mgGAE/g yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Siyah sarımsakların toplam fenolik madde miktarları taze sarımsak örneklerine göre daha yüksektir ve sonuçlarımız literatürle benzerlik göstermektedir. Isıl işlem uygulaması ile toplam fenolik madde miktarındaki artışın nedeni uygulanan sıcaklığa bağlı olarak ester ve glikozit yapılarında parçalanmayı sağlayarak serbest özellikteki bileşiklerin artmasıyla ifade edilebilir. Sarımsak örnekleri arasındaki toplam fenolik madde miktarları arasındaki farkın bitkilerin yetiştirildikleri coğrafi koşulların farklı olmasından, genetik faktörlerden, tarımsal faktörler ve çevresel faktörler gibi dış etkenlerin sarımsakların kimyasal içerikleri üzerindeki etkilerinden kaynaklandığı, ayrıca yüksek sıcaklıklarda siyah sarımsak üretimi polifenollerde kayıplara neden olabileceğinden bazı fenolik maddelerin içeriğinde de azalmaya neden olabileceği düşünülmektedir.

5.1.7. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Renk Analizi Sonuçları

Renk, görünür spektrumdaki radyan enerjinin (380 – 770 nm) gözün retinasına ile ortaya çıkan bir algılama olarak tanımlanmaktadır. Gıda yüzeyinin rengi, tüketiciler tarafından değerlendirilen ilk kalite parametresi olup, ürünün

kabulünde güçlü bir etkiye sahiptir. Genellikle gıdanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi hakkında öngörü, tüketicilerin gıdayı tercih edip etmemek için bir araç olarak kullandığı ilk duyumdur (Leon ve ark., 2006; Yüksel, 2022). Gıdanın rengi, tüketicinin gıda kalitesi hakkındaki görüşü üzerine özellikle ilk izleniminde önemli bir etkiye sahip olup, aslında tüketici tarafından değerlendirilen ilk kalite parametresidir. Genellikle gıdanın yüzey rengi ile belirlenen gıdanın görünüşü, tüketicinin gıdayı kabul etmek ya da reddetmek için bir kriter olarak belirlediği ve kullandığı bir algıdır (León ve ark., 2006; Yüksel, 2022). L^* değeri parlaklığı (beyazlık ya da koyuluk), '+a değeri' kırmızı, '-a değeri' yeşil, '+b değeri' sarı ve '-b değeri' mavi renklerine karşılık gelmektedir.



Şekil 5.1. Taze ve siyah sarımsakların spektrumları

Tunceli sarımsağı ve Araban sarımsağından elde edilen siyah sarımsakların farklı üretim sıcaklıklarının L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etkileri yapılan analizlerde elde edilen veriler Çizelge 4.3’de verilmiştir. Sarımsaklar çeşit bakımından L^* değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı 46.23 ve Tunceli sarımsağı 49.30 olarak bulunmuş ve bu farklılığın istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır. Uygulanan ısı işlem sıcaklıkları bakımından L^* değerleri taze sarımsaklar için 74.40, 65°C’de üretilen siyah sarımsaklar için 40.63 ve 80°C’de üretilen siyah sarımsaklar ise 28.70 olarak belirlenmiş, taze sarımsakların L^* değerleri, ısı işlem görmüş siyah sarımsaklar arasında belirlenen azalmanın da istatistiksel yönden önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). 3 aylık depolama süresi boyunca

L* değerlerinde istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Sarımsaklar çeşit bakımından a* değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı 2.94 ve Tunceli sarımsağı 1.20 olarak bulunmuş ve bu farklılığın istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Uygulanan ısı işlem sıcaklıkları bakımından a* değerleri taze sarımsaklar için 0.89, 65°C'de üretilen siyah sarımsaklar için 4.04 ve 80°C'de üretilen siyah sarımsaklar ise 1.27 olarak belirlenmiş, taze sarımsakların a* değerleri, ısı işlem görmüş siyah sarımsaklar arasında dalgalı bir değişim göstermiş, bu değişimin de istatistiksel yönden önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). 3 aylık depolama süresi boyunca a* değerlerinde istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Sarımsaklar çeşit bakımından b* değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı 12.34 ve Tunceli sarımsağı 10.05 olarak bulunmuş ve bu farklılığın istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır. Uygulanan ısı işlem sıcaklıkları bakımından b* değerleri taze sarımsaklar için 24.29, 65°C'de üretilen siyah sarımsaklar için 7.90 ve 80°C'de üretilen siyah sarımsaklar ise 1.39 olarak belirlenmiş, taze sarımsakların b* değerleri, ısı işlem görmüş siyah sarımsaklar arasında belirlenen azalmanın da istatistiksel yönden önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). 3 aylık depolama süresi boyunca b* istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Taze sarımsakların fermantasyon süreci boyunca istenilen siyah rengin oluşması enzimatik olmayan reaksiyon olan Maillard reaksiyonu ile ilgili olup rengin oluşma süresi ve esmerleşme değeri ortamın sıcaklık ve nemine bağlıdır. Fermantasyon süreci boyunca meydana gelen renk değişiklikleri Maillard reaksiyonunun ilk aşamasında şeker-amin birleşmesi ve renksiz ara ürünlerin oluşması, ara aşamasında Strecker bozulması gibi çeşitli reaksiyonların gerçekleşmesiyle birlikte renksiz veya sarı renkli ürünler meydana gelmesi ve son aşamada nitro heterosiklik bileşiklerin oluşumu ile renkli bileşikler oluşmasından kaynaklandığı ve bu renkli bileşiklerin siyah sarımsağın rengine katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

5.1.7. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Fenolik Madde Fraksiyonu

Sarımsak insanların tükettiği gıdalar arasında fenolik bileşikler açısından en zengin sebzelerden biridir. Fenolik bileşikler, sarımsakta bulunan ve önemli fonksiyonel özellikleri bulunan bileşik gruplarından biri olup sekonder metabolitlerdir. Gıda bileşeni olarak fenolik bileşiklerin insan sağlığı açısından

faýdaları, tat, koku etkileri, antimikrobiyal ve antioksidatif etkileri açısından önemli olup, fenol halkasındaki – OH grubu arttıkça antioksidan aktivite artmakta ayrıca bu aktivite meta-, orta- ve para-, sırası ile artış göstermektedir (Acar ve Gökmen, 2014; Bourgaud ve ark., 2001; Kammerer ve ark., 2014; Dai ve Mumper, 2010). Fenolik asitler fenolik bileşiklerin üçte birini oluşturmaktadır (Bommegowda Rashmi ve ark., 2020).

Fenolik bileşiklerin en önemli biyolojik etkilerinden biri antialerjik etkisi olup, proteinlerle etkileşimi, alerjiye duyarlılık ve bunların çeşitli septomlarına karşı doğrudan etkili olduğu bildirilmiştir. Kafeik, ferulik ve gallik asit gibi bazı fenolik bileşikler alerjenik proteinlerle çözünmeyen bileşikler oluşturup, proteinin hipoalerjenik hale getirilmesini sağlamaktadır. Fenolik bileşikler gastrointestinal sistemin üst kısmında aglikokin formunda sindirilmekte, burada emili de gerçekleşmektedir. Fenolik bileşikler; antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleri sayesinde bağışıklık sistemini hem güçlü tutar hem de antikanser ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır (Manach ve ark., 2005; Acar ve Gökmen, 2014; Konishi ve ark., 2006; Lafay ve Gil-Izquierdo, 2007; Saxena ve ark., 2012; Tresserra-Rimbau ve ark., 2014; Goleniowski ve ark., 2013).

Taze ve siyah sarımsak örneklerinde tespit edilen fenolik bileşikler ve miktarları Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Taze Tunceli ve Araban sarımsakları ve siyah sarımsak örneklerinde toplam 12 adet fenolik bileşik tespit edilmiştir. Taze Tunceli ve Araban sarımsakları ve siyah sarımsak örneklerinde bulunan fenolik bileşiklerin, LC-MS/MS kullanılarak belirlenen alıkonma zamanları (Rt), standard bileşiklerin moleküler iyonları (Ana iyon (m/z oranı)), belirleme sınırı/tayin sınırı (LOD/LOQ (µg/L)) elde edilen veriler ve kromatogram ekte verilmiştir.

Taze sarımsaklarda fenolik bileşik olarak asetohidroksamik asit, vanilik asit, timokinon, fumarik asit, kafeik asit, 2-hidroksinamik asit ve protokateşik asit, taze Tunceli sarımsağında major bileşik olarak asetohidroksamik asit (3331.08 ppb), minör bileşik olarak timokinon (19.4 ppb); taze Araban sarımsağında ise fumarik asit (5098.12 ppb), minör bileşik protokateşik asit (16.02 ppb); siyah Tunceli sarımsaklarında major komponent asetohidroksamik asit (1566.1-1706.61 ppb), siyah Araban sarımsaklarında major komponent kafeik asit (6688,12-2740.91 ppb) tespit edilmiştir. 3 aylık depolamada siyah sarımsak örneklerinin fenolik bileşiklerinde dalgalı bir değişim gözlenmiştir.

Alarcón-Flores ve ark. (2014), kültür sarımsağı (*Allium sativum*) için yaptıkları fenolik bileşen analizinde, major komponent olarak; kafeik asit (1.7 ila 28.3 mg/kg) ve kuersetin (9.0-18.9 mg/kg) bileşiklerini; Simin ve ark., (2013) *Allium flavum* metanol ekstraktlarında fenolik bileşenleri belirlemek için LC-MS/MS kullanmışlar, major bileşik olarak ferulik, p-kumarik, kafeik, p-hidroksibenzoik, vanilik, protokatekik ve siringik asit, rutin, kuersetin ve kaempferol bileşiklerini belirlemişlerdir.

Takım (2020); Tunceli dağ sarımsağında farklı çözücüler kullanarak fenolik bileşikleri belirlemek için yaptığı çalışmada, major komponent olarak etanolü çözelti ekstraktlarında fumarik asit (1412 µg/L), sulu çözelti ekstraktlarında pirokatekol (14018 µg/L), etanol-su ekstraktlarında vanilik asit (1 887.24 µg/L) ve metanolü ekstraktlarda ise vanilik asit (1 627.19 µg/L), Şaşmaz (2021), Antep (8.42 mg /kg) ve Kastamonu taze sarımsağında (6.49 mg /kg) baskın fenolik bileşiğin kaffeik asit, siyah sarımsaklarda baskın olan fenolik bileşiğin kaffeik asit (9.64 14.27 mg/kg) olduğu; Yunlu (2011), yapılan çalışmada *Allium sativum*'un metanol ekstraksiyonu sonucu klorojenik asit (1,6 µg/g) ferulik asit (0,4 µg/g), kuersetin (0,04 µg/g) kamferol (0,2 µg/g); Beato ve ark., (2011) kaffeik asit (0.1-13.6 mg/kg), ferulik asit (0.9-7.3 mg/kg), vanilik asit (0.15-3.0 mg/kg), p-hidroksibenzoik asit (0-2.3 mg/kg), p-kumarik (0-1.2 mg/kg), sinapik asit (0-0.42 mg/kg); Şehitoğlu ve ark., (2018) tarafından yapılan araştırmada, *Allium tuncelianum*' un fenolik bileşenleri LC-MS/MS yöntemine göre analiz edilmiş, vanilin (44,53 30 µg/ml) ve p-kumarik asit(102,39 30 µg/ml); Yüksel (2022), Tunceli sarımsağının fenolik bileşiklerin belirlenmesi için yaptığı çalışmada 8 bileşik (gallik asit, kateşin, klorojenik asit, vanilin, galloKateşin galat, kumarik asit, protokateşik asit ve rutin) için major bileşik kateşin (13.08 mg/kg) minör bileşğin ise kumarik ait (0.32 mg/kg) olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalıştığımız taze sarımsak çeşitleri ve siyah sarımsak çeşitlerinde tespit edilen fenolik bileşikler kısmen ortak olmasıyla birlikte, baskın komponent noktasında farklılık arz ettiği görülmüş, ayrıca ekstraksiyonda tercih edilen çözücü çeşitlerinin de major bileşikleri belirleme konusunda etkili olabilmektedir. Farklı sarımsak türlerinin baskın fenolik bileşikleri birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Taze sarımsak örnekleri arasındaki fenolik bileşiklerin farklılığı; bitkilerin yetiştirildikleri coğrafi koşulların farklı olmasından, genetik faktörlerden, tarımsal faktörler ve çevresel faktörler gibi dış etkenlerin sarımsakların kimyasal içerikleri üzerindeki etkilerinden kaynaklandığı, siyah sarımsak üretim koşullarının (sıcaklık, nem, süre, buharda fermentasyon gibi) içerdiği fenolik bileşik kompozisyonlarının çeşitliliğini

etkileyebileceği ayrıca yüksek sıcak uygulamasına bağlı olarak sarımsak örneklerinden polifenoller ve flavonoidlerin daha kolay ayrışmasına neden olabileceğini ya da bazı fenolik bileşiklerin bozunabileceği bu yüzden siyah sarımsaklarında taze sarımsaklara göre fenolik bileşik kompozisyonlarının çeşitliliğinin fazla veya dalgalı bir değişim gösterebileceği düşünülmektedir.

5.1.8.Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Antioksidan Kapasitesi

Antioksidanlar, oksidatif zincir reaksiyonların başlamasını, gelişmesini inhibe ederek; lipit, protein ve DNA gibi biyolojik moleküllerin oksidasyonunu engelleyen ya da geciktiren bu sayede oksidatif strese bağlı hastalıkların oluşmasını önleyen bileşiklerdir. Oksijen kullanan organizmaların tümünde, biyolojik moleküllerin oksidasyonunu önleyen enzimatik ve enzimatik olmayan çeşitli antioksidan bileşikler bulunmaktadır. Süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GSPHx) ve katalaz en önemli antioksidan enzimlerdir. Enzimatik olmayan antioksidan bileşiklerin başında ise, E vitamini, askorbik asit, karotenoidler ve polifenoller gelmektedir. Bu bileşiklerin antioksidan özellikleri; okside olabilir çift bağ içermeleri veya hidroksil grupları içermeleri ve bu yapıların da elektronca zengin olmalarından kaynaklanmaktadır (Choe ve Min, 2005). Bu antioksidan bileşiklerin aktiviteleri çeşitlerine ve kaynakların morfolojik özelliklerine ayrıca sebze, meyve ve sarımsak üretim koşulları, hasat zamanı vb. birçok etkene bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Bansal ve ark., 2013; Meral ve Doğan, 2012).

Antioksidanlar gıdalara eklendiğinde, kansinjenin gelişimini kontrol eder, toksik oksidasyon ürünlerinin gelişimini geciktirir, besin değerini korumakla kalmayıp ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır (Szabo ve ark., 2007; Yashin ve ark., 2017). Sarımsakta, selenyum, beta karoten ayrıca polifenoller gibi fitokimyasallar yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır. Özellikle sarımsakta bulunan fitoaleksinin (allicin) antioksidan özelliklerine sahip bir γ -piron yapısına sahiptir, aynı zamanda sülfür içermeyen bir bileşik olarak da karşımıza çıkmaktadır. Fenolik bileşikler, flavonoidler antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerdir ve bu bileşikler güçlü biyolojik aktiviteye sahip, antikanser, antiviral ve antikanser özellikleri bulunmaktadır (Kim ve ark., 2013; Shahidi ve ark., 2015; Giampieri ve ark., 2014). Taze ve siyah sarımsak örneklerinde tespit edilen antioksidan kapasiteleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Taze ve siyah sarımsakların antioksidan kapasiteleri DPPH yöntemi ile belirlenmiştir. Sarımsaklar çeşit bakımından antioksidan kapasiteleri değerleri karşılaştırıldığında Araban sarımsağı % 62.05 ve Tunceli sarımsağı % 65.42 olarak

bulunmuş ve bu farklılığın istatistiksel yönden önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Uygulanan ısı işlem sıcaklıkları bakımından antioksidan kapasiteleri taze sarımsaklar için % 59.09, 65°C’de üretilen siyah sarımsaklar için % 72.34 ve 80°C’de üretilen siyah sarımsaklar ise % 59.77 olarak belirlenmiş, taze sarımsakların antioksidan kapasiteleri ile, ısı işlem görmüş siyah sarımsaklar arasında dalgalı bir değişim göstermiş, bu değişimin de istatistiksel yönden önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). 3 aylık depolama süresi boyunca antioksidan kapasiteleri istatistiksel yönden önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Şaşmaz (2021), siyah sarımsak örneklerinde ise antioksidan kapasitelerini DPPH yönteminde 1303.58-2278.39 mM trolox/100g arasında, ABTS yönteminde 2140.29-2637.20 mM trolox/100g arasında değişim gösterdiğini ve siyah sarımsakların antioksidan kapasite potansiyeli taze sarımsaklara göre DPPH yönteminde 4-7 kat arasında artış gösterdiği ve ABTS yönteminde 4-6 kat arasında değişim gösterdiği belirlemiştir; Pakakaew ve ark. (2022), siyah sarımsak örneklerinde antioksidan kapasitelerini DPPH ve ABTS tekniklerini kullanarak belirlemiştir, DPPH ve ABTS analizleri için sırasıyla 5390 mgTrolox/100 g antioksidan ve 25.421 mgTrolox/100 g antioksidan aktiviteyle 874.26 mg SAC /100 g kuru ağırlık olarak; Ağbaş ve ark. (2013), Tunceli ve Kastamonu sarımsakların su ve etanollü ekstraksiyonları ile ABTS tekniği ile antioksidan kapasitelerini sulu Tunceli sarımsağı ekstraktında % 48.54, etanollü Tunceli ekstraktında % 90.47, sulu Taşköprü sarımsağında % 46.75, etanollü Taşköprü sarımsağında % 40.84 ve DPPH yöntemi ile antioksidan kapasitelerini sulu Tunceli sarımsağı ekstraktında %59.44, etanollü Tunceli ekstraktında % 83.69, sulu Taşköprü sarımsağında % 45.70, etanollü Taşköprü sarımsağında % 80.35; Takım ve Kutlu (2020), Tunceli sarımsağın antioksidan kapasitesi 222.39 mg Trolox / g kuru *A. tuncelianum*; Bedrníček ve ark. (2021); siyah sarımsakların antioksidan aktivitesini %11.41-14.25; Bae ve ark. (2014), 45 gün boyunca farklı sıcaklıklarda (40 °C, 55 °C, 70 °C ve 85 °C) üretilen siyah sarımsak örneklerinde DPPH tekniği ile antioksidan kapasiteleri %22.5-44.77; Aoudeh ve ark. (2023), farklı ekstraktlarda hazırlanan taze sarımsak örneklerinin DPPH tekniği ile antioksidan kapasitesi %26.68-50.89, siyah sarımsak ekstraktlarının antioksidan kapasiteleri %17.93-63.33; Arslaner ve ark. (2017), Çin ve Taşköprü sarımsaklarının antioksidan kapasitelerini sırası ile % 75.40 ve % 80.05; Tahir ve ark. (2021), taze sarımsak örneklerinin DPPH tekniği ile antioksidan kapasiteleri % 36, siyah sarımsak örneklerinin ise % 54, ABTS tekniği ile taze sarımsakların antioksidan kapasiteleri 11.5 mgTrolox/100 g, siyah sarımsakların antioksidan kapasiteleri 19.2 mgTrolox/100 g; Setiyoningrum ve ark. (2021), edilmiş taze sarımsağın antioksidan kapasitesi % 21.67 ve 72°C su banyosunda 7, 14 ve 21

gün boyunca fermente edilmiş siyah sarımsak örneklerinin DPPH tekniğiyle antioksidan kapasiteleri sırasıyla % 26.03, % 89.1 ve % 90.54 olarak belirlemişlerdir.

Siyah sarımsağın bu kadar popüleritesinin sebebi yüksek antioksidan kapasiteye sahip olmasıdır. Taze sarımsak ve işlenmiş sarımsak ürünlerinin işleme ve depolama süresine bağlı olarak antioksidan kapasitelerinde değişiklik görülmekte ve bu süreç boyunca fenolik maddeler, askorbik asit, tiyosülfinitler ve S-alil sistein gibi antioksidan özelliklere sahip birçok bileşiğin konsantrasyonunda da artış yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Bu bileşikler yapılarına ve termal stabilitelerine, işleme yöntemine ve koşullarına ve gıdanın fizikokimyasal özelliklerine göre termal işlemde çeşitli şekillerde etkilenebilir (Choi ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2016). Taze sarımsağa kıyasla siyah sarımsakların antioksidan kapasitelerindeki artış bu şekilde açıklanabilir ancak 80°C’de antioksidan aktivitede görülen bu azalış yüksek sıcaklıktan dolayı antioksidan özellik gösteren bileşiklerin bozunmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

5.1.9. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Yağ Asitleri İçeriği

Taze ve siyah sarımsaklarda baskın olan yağ asitlerinin Çizelge 4.7. ve Çizelge 4.8’de belirtildiği üzere oleik, elaidik asit, linoleik asit ve palmitik asitleri olduğu belirlenmiştir. Fermantasyon ve depolamanın etkisi ile birlikte Araban sarımsaklarında oleik asit miktarlarında ciddi bir azalma, linoleik asit miktarında önce bir artış sonra da azalma, Tunceli sarımsağında oleik asit ve linoleik asit miktarlarında ise azalma gözlemlenmiştir. Yağ asitlerince zengin olarak taze Tunceli sarımsağı olarak belirlenmiş ancak tabloda belirtilen yağ asitlerin miktarları ya da bulunmama durumları uygulanan ısı işlem sıcaklığı ve depolanmaya bağlı olarak değişiklik göstermekte ve örneklerin yapısında meydana gelen reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Karaaslan-Ayhan ve ark. (2021); taze Tunceli sarımsağındaki yağ asitlerini belirlemek amacıyla gaz kromatografisi alev iyonizasyon dedektörü (GC-FID) kullanmış, linoleik asit % 41.595, oleik asit %33.302, palmitik asit % 11.739 ve stearik asit % 2.362 olarak bulmuş ve baskın yağ asitlerinin linoleik ve oleik asit olduğunu tespit etmişlerdir. Şehitoğlu ve ark. (2018), Tunceli sarımsağı ekstraktlarının yağ asitlerini incelediği çalışmada linoleik asit % 36.34, oleik asit % 8.30, palmitik asit % 20.97 ve stearik asit % 6.92 olarak belirlemişlerdir. Takım ve Kutlu (2020),Tunceli sarımsağında toplam 29 yağ asidi, baskın yağ asitleri olarak da oleik asit (%27.19) ve sırasıyla linoleik asit (%19.46), elaidic asit (%7.13), palmitik asit (%6.30), ve stearik asit (53.12) olarak tespit etmişlerdir. Siyah sarımsak üretimi sırasında uygulanan yüksek sıcaklık ve nem ile

birlikte yağ asitlerinde hidrolitik ve oksidatif değişiklikler meydana gelmektedir. Reaksiyon sonucunda bir dizi alkoller, aldehitler, ketonlar ve laktonlar üretilmekte ve bu ürünler fermantasyonun etkisiyle açığa çıkan yağ asitleri ile birlikte hidroliz, oksidasyon ve Maillard reaksiyonunu içeren bir dizi karmaşık kimyasal reaksiyona katılırlar ve bu reaksiyonlar fermantasyon bittikten sonra depolama koşullarında bile az miktarda da olsa devam edebilmektedir. Siyah sarımsakta ve depolama süresince yağ asitlerinde meydana gelen miktarsal azalmanın sebepleri arasında düşünülebilir.

5.1.10. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Aroma Miktarları

Taze Tunceli sarımsağı ve taze Araban sarımsağı ile bu sarımsak çeşitlerinden farklı sıcaklıklarda üretilen siyah sarımsakların uçucu yağ bileşenleri değerlerinin depolama süresince meydana gelen değişimler Çizelge 4.9. ve Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Bilim insanları siyah sarımsağın işleme teknolojisini, besin içeriğini, fonksiyonlarını ve fizikokimyasal özelliklerini incelemişler, kültür sarımsağın sahip olduğu karakteristik tat ve keskin aroması, içerdiği tiyosülfinatlar ve kükürtlü maddeler gibi organasülfür bileşikleriyle ilişkilendirmişlerdir. Isıl işlem sürecinde taze sarımsakta her biyoaktif bileşiklerde olduğu aromasında da değişiklikler meydana gelmektedir. Lezzetin gıda kalitesi ve tüketici algısı açısından önemli olduğu bilinmekle beraber siyah sarımsağın lezzet analizi üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Luo ve ark. (2016), siyah sarımsakta tiyofen, aldehit, ester, asit, alkol, furan ve keton (sırasıyla % 47.42, % 9.73, % 9.67, % 8.24, % 2.94, % 2.85 ve % 0.72) olmak üzere 25 çeşit uçucu bileşik tespit etmişler, bunlar arasında başlıca uçucu maddeler 3-metil-2-karboksiamid tiyofen (% 36.510), 2-propiltiyofen (% 7.221), 5-metiltiyofen-2-karboksilik asit metil ester (% 4.828) ve furfural (% 4.641) olduğunu bildirmişlerdir.

Takım ve Kutlu (2020), Tunceli sarımsağının fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada 29 adet uçucu bileşik belirlemişlerdir. Zhang ve ark. (2012), siyah sarımsakta eş zamanlı damıtma ekstraksiyon (SDE) yöntemi kullanarak 50 çeşit uçucu bileşik tespit etmişler ve pik alanının bağıl yüzdesine göre başlıca bileşikler olarak 3-vinil-1,2-dityasikloheks-5-en, dialil disülfür, 2-etiltetrahidrotiyofen, 2-vinil-1,3-ditiyan ve N,N-dimetil tiyoüre ifade etmişlerdir. Zhang ve ark. (2016), siyah sarımsak üretim sıcaklığının 90 °C'ye çıkarılmasının olgunlaşma süresini hızlandırabileceğini ancak acı ve ekşi bir tat meydana getirdiğini bildirmiştir.

Yapılan analizde taze ve siyah sarımsaklarda toplam 26 aroma bileşiği tespit edilmiştir. Bu bileşiklerin miktarları sarımsak çeşitlerine, uygulanan ısı işlem sıcaklık değerlerine ve depolama sürelerine göre farklılık göstermektedir. Taze Tunceli ve taze Araban sarımsağında ve bu sarımsaklardan üretilen siyah sarımsaklarda baskın aroma bileşiği methane,dichloro- (CAS) iken bunu tributyl acetylcitrate ve Ethene, trichloro- (CAS) takip etmektedir. Aroma bileşiklerinin çeşitliliği karşılaştırıldığında taze Tunceli sarımsağının ve siyah Tunceli sarımsağının Araban çeşitlerine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Taze sarımsağın çeşidi, yetiştirildiği yer, yetiştirilme koşulları, iklim vb. birçok faktör taze sarımsağın kalitesini ve dolayısıyla duyuşsal özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Siyah sarımsak üretiminde uygulanan proses koşulları (sıcaklık, bağıl nem ve zaman), Maillard reaksiyonu gibi sarımsağın yapısında meydana gelen reaksiyonlar ve taze sarımsağın besin içeriği de siyah sarımsağın aroma profilini de etkileyebilmektedir. Ayrıca siyah sarımsak, Maillard reaksiyonu ya da lipit oksidasyonu sonucu da organik asitler oluşmakta ve lipit oksidasyonu Maillard reaksiyonu ile birlikte gerçekleştiğinde oluşan bazı reaksiyonların ara maddeleri arasında etkileşimin bir sonucu olarak çok çeşitli bir lezzet profiline sahip, karamelize tatlı-ekşi tada sahip olmasına neden olduğu düşünülebilir.

5.1.11. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Organik Asit Miktarları

Taze Tunceli sarımsağı ve taze Araban sarımsağı ile bu sarımsak çeşitlerinden farklı sıcaklıklarda üretilen siyah sarımsakların şeker değerlerinin depolama süresince meydana gelen değişimler Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.'de verilmiştir. Taze ve siyah sarımsaklarda sitrik, asetik, propiyonik, laktik ve bütirik asit olmak üzere toplam 5 adet organik asit belirlenmiştir. Taze Araban sarımsağında bütirik asidin, taze Tunceli dağ sarımsağında ise propiyonik asidin baskın olduğu, siyah Tunceli ve Araban sarımsağının 65°C ve 80°C'deki üretiminde baskın organik asit laktik asit olarak belirlenmiştir. Siyah sarımsakların depolanma süreleri boyunca baskın organik asit laktik iken, Tunceli sarımsağının 80°C'deki üç aylık depolama süresinde baskın organik asit sitrik asit olarak belirlenmiştir. Depolama süresince siyah Tunceli sarımsakların organik asit miktarlarında genel olarak artış gözlenirken, siyah Araban sarımsakların organik asit miktarlarında azalma gözlemlenmiştir.

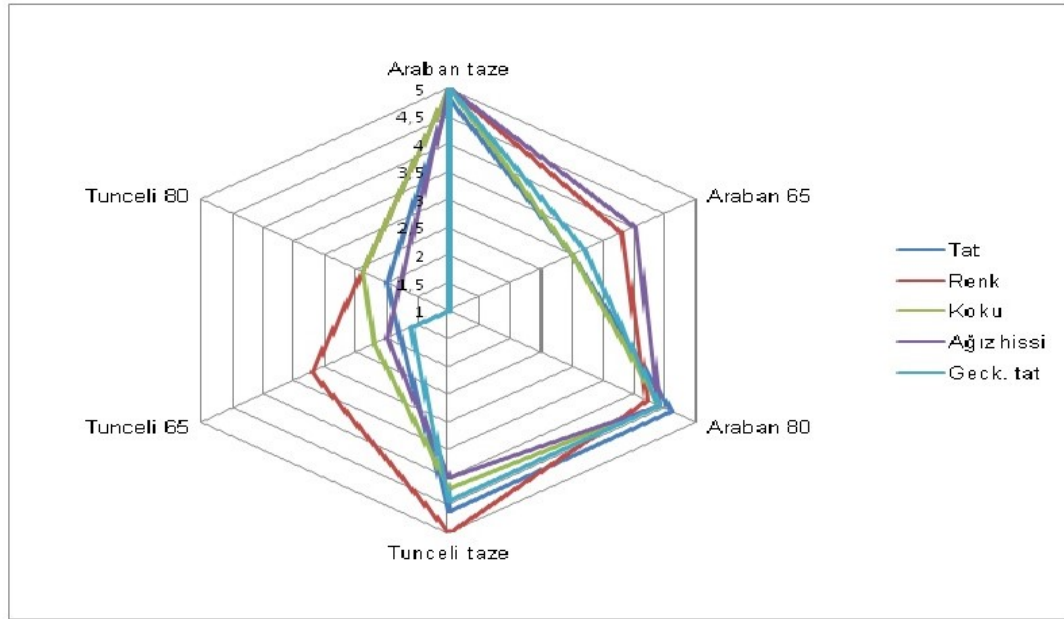
Araştırmalarla sarımsakta en fazla bulunan organik asitin sitrik asit olduğu belirlenmiş ve malik asit, laktik asit, formik asit ve fumarik asitlerin de varlığı tespit edilmiştir. Sarımsağa uygulanan ısı işleminden sonra asitliğin artmasında Maillard

reaksiyonunda Amadori ürünlerinin ve dikarbonil bileşiklerinin bozulmasıyla kısa zincirli karboksilik asitlerin oluşması ve sarımsakta bulunan glikoz, fruktoz gibi heksozlardan karboksilik asit oluşması etkilidir. (Liang ve ark., 2015; Ritota ve ark., 2012; Qui ve ark., 2020). Botas ve ark., (2019), taze ve siyah sarımsağın fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada, siyah sarımsakta okzalik asit (0.12g/100g) ve malik asit 0.32 g/100 g olduğunu, taze sarımsakta ise okzalik (0.13 g/100 g), pürivik (1.43 g/100 g), sitrik asit (1.07 g/100 g) olmak üzere 3 organik asit tespit etmişlerdir. Şehitoğlu ve ark. (2018), *Allium tuncelianum* ekstraktlarının organik asitlerini incelediği çalışmada, toplam dört organik asidin bulunduğu baskın olarak da malik asit (17804 µg) olduğunu belirlemişlerdir. Zhang ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada taze sarımsağın toplam asit içeriğinin 4.6 g/kg olduğunu, 60°C, 70°C, 80°C ve 90°C’de elde edilen siyah sarımsaklar için organik asitler sırasıyla 33,61, 37,50, 30,96 ve 36,37 g/kg'a yükseldiğini, Liang ve ark. (2015), taze sarımsaklarda nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisini kullanarak; sitrik asit, malik asit, laktik asit ve fumarik asit gibi bazı organik asitlerin doğal olarak bulunduğu, ancak siyah sarımsak örneklerinde fumarik asidin kaybolduğunu, asetik asit, formik asit, 3-hidroksipropiyonik asit ve süksinik asidin fermentasyon da dahil olmak üzere karmaşık kimyasal reaksiyonlar yoluyla oluştuğunu ve özellikle yüksek miktarda formik asit ve asetik asit oluştuğunu belirlemişlerdir. Organik asitlerdeki bu değişikliklerin nihai ürünlerdeki tatlı-ekşi tat oluşması açısından son derecede önem arz etmekte, aynı zamanda indirgen şekerlerin oluşmasında ve proteinler ile polisakkaritlerin hidrolizinde de etkili olup siyah sarımsakların mikrobiyal stabilitesini korumasını da kolaylaştırmaktadır (Blecker ve ark., 2002; Rahman, 2007).

5.1.12. Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Duyusal Analizleri

Duyusal değerlendirme, gıdaların çeşitli karakteristiklerine görme, koklama, tatma, dokunma veya işitme duyularının tepkilerini oluşturan, ölçen, analizleyen ve yorumlayan bir disiplin olarak tanımlanmaktadır (Onoogur ve ark., 2011(b)). Siyah sarımsak sadece kimyasal bileşimi ve biyolojik aktivitesi nedeniyle değil, aynı zamanda dikkat çekici organoleptik özellikleriyle ilgi çekmektedir. Fermentasyon süreci boyunca tatlı-ekşi bir tat ve yumuşak ve çiğnenebilir bir doku kazanmaktadır (Bedrniček ve ark., 2021). Taze ve siyah sarımsakların duyusal analiz özelliklerinden tat/koku/renk/ağızda bıraktığı his/gecikmiş tat değerlerinin çeşit ve üretim sıcaklığı meydana gelen değişimler duyusal analizin radar grafiği de Çizelge 5.1.’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Taze ve siyah sarımsakların duyu analizi özelliklerinden tat/koku/renk/ağızda bıraktığı his/gecikmiş tat değerlerinin çeşit ve üretim sıcaklığı meydana gelen değişimler



Çizelge 5.1 incelendiğinde taze Araban sarımsağı ve üretilen siyah sarımsaklarda yapılan duyu analizi sonuçlarında tat değerlendirilmesinde taze Araban sarımsağı 4.8, 65°C’de üretilen siyah Araban sarımsağı 3.0 ve 80°C’de üretilen siyah Araban sarımsağı ise 4.6 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 65°C’deki siyah Araban sarımsağı, en yüksek puana ise taze Araban sarımsağı sahiptir. Taze Tunceli sarımsağı 4.6, 65°C’de üretilen siyah Tunceli sarımsağının 1.8 ve 80°C’de üretilen siyah Tunceli sarımsağı 2.0 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 65°C’deki siyah Tunceli sarımsağı, en yüksek puana ise taze Tunceli sarımsağı sahiptir. Her iki sarımsak çeşitlerinden tat açısından en çok taze örnekler beğenilirken, her iki siyah sarımsak çeşidinin siyah Araban sarımsağının siyah Tunceli sarımsağından daha yüksek puan aldığı görülmektedir.

Taze Araban sarımsağı ve üretilen siyah sarımsaklarda yapılan duyu analizi sonuçlarında renk değerlendirilmesinde taze Araban sarımsağı 5.0, 65°C’de üretilen siyah Araban sarımsağı 3.8 ve 80°C’de üretilen siyah Araban sarımsağı ise 4.2 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 65°C’deki siyah Araban sarımsağı, en yüksek puana ise taze Araban sarımsağı sahiptir. Taze Tunceli sarımsağı 5.0, 65°C’de üretilen siyah Tunceli sarımsağının 3.2 ve 80°C’de üretilen siyah Tunceli sarımsağı 2.4 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük

puana 65°C'deki siyah Tunceli sarımsağı, en yüksek puana ise taze Tunceli sarımsağı sahiptir. Her iki sarımsak çeşitlerinden renk açısından en çok taze örnekler beğenilirken, her iki siyah sarımsak çeşidinin siyah Araban sarımsağının siyah Tunceli sarımsağından daha yüksek puan aldığı görülmektedir.

Taze Araban sarımsağı ve üretilen siyah sarımsaklarda yapılan duyusal analiz sonuçlarında koku değerlendirilmesinde taze Araban sarımsağı 5.0, 65°C'de üretilen siyah Araban sarımsağı 3.0 ve 80°C'de üretilen siyah Araban sarımsağı ise 4.4 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 65°C'deki siyah Araban sarımsağı, en yüksek puana ise taze Araban sarımsağı sahiptir. Taze Tunceli sarımsağı 4.2, 65°C'de üretilen siyah Tunceli sarımsağının 2.2 ve 80°C'de üretilen siyah Tunceli sarımsağı 2.4 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 65°C'deki siyah Tunceli sarımsağı, en yüksek puana ise taze Tunceli sarımsağı sahiptir. Her iki sarımsak çeşitlerinden koku açısından en çok taze örnekler beğenilirken, her iki siyah sarımsak çeşidinin siyah Araban sarımsağının siyah Tunceli sarımsağından daha yüksek puan aldığı görülmektedir.

Taze Araban sarımsağı ve üretilen siyah sarımsaklarda yapılan duyusal analiz sonuçlarında ağızda bıraktığı his değerlendirilmesinde taze Araban sarımsağı 5.0, 65°C'de üretilen siyah Araban sarımsağı 4.0 ve 80°C'de üretilen siyah Araban sarımsağı ise 4.4 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 65°C'deki siyah Araban sarımsağı, en yüksek puana ise taze Araban sarımsağı sahiptir. Taze Tunceli sarımsağı 4.0, 65°C'de üretilen siyah Tunceli sarımsağının 2.0 ve 80°C'de üretilen siyah Tunceli sarımsağı 1.8 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 80°C'deki siyah Tunceli sarımsağı, en yüksek puana ise taze Tunceli sarımsağı sahiptir. Her iki sarımsak çeşitlerinden ağızda bıraktığı his açısından en çok taze örnekler beğenilirken, her iki siyah sarımsak çeşidinin siyah Araban sarımsağının siyah Tunceli sarımsağından daha yüksek puan aldığı görülmektedir.

Taze Araban sarımsağı ve üretilen siyah sarımsaklarda yapılan duyusal analiz sonuçlarında gecikmiş tat değerlendirilmesinde taze Araban sarımsağı 5.0, 65°C'de üretilen siyah Araban sarımsağı 3.2 ve 80°C'de üretilen siyah Araban sarımsağı ise 4.4 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 65°C'deki siyah Araban sarımsağı, en yüksek puana ise taze Araban sarımsağı sahiptir. Taze Tunceli sarımsağı 4.4, 65°C'de üretilen siyah Tunceli sarımsağının 1.6 ve 80°C'de üretilen siyah Tunceli sarımsağı 1.0 olduğu bulunmuştur. Bu üç çeşit arasında en düşük puana 80°C'deki siyah Tunceli sarımsağı, en yüksek puana ise taze Tunceli

sarımsağı sahiptir. Her iki sarımsak çeşitlerinden gecikmiş tat açısından en çok taze örnekler beğenilirken, her iki siyah sarımsak çeşidinin siyah Araban sarımsağının siyah Tunceli sarımsağından daha yüksek puan aldığı görülmektedir.

Yapılan duyusal analizde 80°C’de üretilmiş Araban sarımsakların 65°C’de üretilen Araban sarımsaklarına göre daha çok beğenildiği, 80°C’de üretilmiş Tunceli sarımsakların 65°C’de üretilen Tunceli sarımsaklarına göre daha çok puan aldığı belirlenmiştir. Her iki sarımsak çeşitleri kıyaslandığında Araban sarımsakların Tunceli sarımsaklarına göre daha yüksek puan aldığı görülmüştür. Ayrıca panelistlere örnekler soyulmadan verildiğinde görünüş olarak beğenilmezken, sarımsaklar soyulmuş halde verildiğinde görünüş açısından daha çok beğenildiği görülmüştür. Taze sarımsakların tat ve kokusu siyah sarımsaklara göre daha yoğun almasına rağmen siyah sarımsaklara göre daha yüksek puan almaları; sarımsakların hasat dönemi, çeşitleri, yetiştirildiği coğrafi konum, fiziksel yapısı, uygulanan ısı işlem sıcaklığı, nem ve süre siyah sarımsakların duyusal özellikleri açısından önemli rol oynamaktadır. İstatistiksel açıdan sarımsaklar çeşitlerinde farklılık olmasında bu faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada taze Tunceli ve Araban sarımsağı ile bu sarımsak çeşitlerine farklı fermantasyon sıcaklıkları (65°C ve 80°C) ve sabit nem (%75) uygulanarak üretilen siyah sarımsakların fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerine etkisi ve 3 aylık depolama sürecinin bu özellikler üzerinde değişimleri incelenmiştir.

Siyah sarımsakların pH değerleri, taze sarımsaklara göre azaldığı, farklı sıcaklık uygulamalarında ve depolama sürecinde pH değerlerinin artış gösterdiği; taze, siyah sarımsaklarda ve siyah sarımsakların depolama süresince sitrik asit cinsinden titre edilebilir asitlik değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir.

Taze ve siyah sarımsakların kül miktarlarında bir değişim gözlenmemiş, depolama süresince başlangıç örneğiyle aynı değerde olduğu belirlenmiştir.

Taze sarımsakların protein değerlerinin 65°C’de üretilen sarımsağa göre yüksek, 80°C’de üretilen sarımsaklara göre daha düşük olduğu belirlenmiş, depolama süresince protein miktarlarında değişim gözlenmemiştir.

Taze sarımsakların kuru madde miktarlarının siyah sarımsaklara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiş, depolama süresince de kuru madde miktarında artış olduğu tespit edilmiştir.

Siyah sarımsaklarda toplam fenolik madde miktarının taze sarımsaklara kıyasla daha fazla olduğu, depolama süresince de bir değişim gözlenmediği belirlenmiştir.

65°C’de üretilen siyah sarımsakların antioksidan kapasiteleri taze ve 80°C’de üretilen siyah sarımsaklara göre daha yüksek olduğu, depolama boyunca bir değişiklik görülmediği belirlenmiştir.

Taze sarımsaklarda L* ve b* değerlerinin daha yüksek ve sıcaklıkla arttıkça bu değerlerin azaldığı, 65°C’de üretilen siyah sarımsaklarda a* değerinin daha yüksek bunu taze ve 80°C’de üretilen siyah sarımsağın takip ettiği gözlenmiştir.

Taze Tunceli sarımsağında toplam şekerin taze Araban sarımsağından daha fazla olduğu gözlenmiştir. Araban sarımsağında glukoz tespit edilememiş, major şekerin ise fruktoz (312.996 mg/L); taze Tunceli sarımsağında ise major şekerin

sakkaroz (558.089 mg/L) olduğu belirlenmiştir. Siyah sarımsaklarda toplam şeker miktarın (4568.707 mg/L- 21490.963 mg/L) daha fazla olduğu, depolama süresince de miktarsal olarak azaldığı görülmüştür.

Taze sarımsaklarda fenolik bileşik olarak asetohidroksamik asit, vanilik asit, timokinon, fumarik asit, kafeik asit, 2-hidroksinamik asit ve protokateşik asit; siyah sarımsaklarda bu fenolik bileşiklere ek olarak siringik asit, 4-hidroksibenzoik asit, floridzinhidrat, elagik asit, kuersetin tanımlanırken, taze sarımsaklarda bulunan fenolik bileşiklerin bazılarında kayıp gözlenmiştir.

Siyah sarımsakların daha fazla fenolik bileşik içerdiği belirlenmiş, siyah Tunceli sarımsaklarında major fenolik bileşik asetohidroksamik asit, siyah Araban sarımsaklarında major fenolik bileşik kafeik asit olduğu tespit edilmiştir. 3 aylık depolamada siyah sarımsak örneklerinin fenolik bileşiklerinde dalgalı bir değişim gözlenmiştir.

Siyah sarımsakların yağ asit bileşikleri taze sarımsaklara göre daha az olduğu, taze Tunceli sarımsağının taze Araban sarımsağına göre yağ asitleri bileşikleri açısından daha zengin olduğu ve baskın yağ asidinin oleik asit olduğu belirlenmiştir. 3 aylık depolamada siyah sarımsak örneklerinin yağ asitleri bileşiklerinde dalgalı bir değişim gözlenmiştir.

Taze ve siyah sarımsaklarda toplam 26 aroma bileşiği tespit edilmiştir. Taze Tunceli ve taze Araban sarımsağında ve bu sarımsaklardan üretilen siyah sarımsaklarda baskın aroma bileşiği miktarsal olarak methane,dichloro- (CAS) olarak belirlenmiştir. Aroma bileşiklerinin çeşitliliği karşılaştırıldığında taze Tunceli sarımsağının ve siyah Tunceli sarımsağının Araban çeşitlerine göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Taze ve siyah sarımsaklarda sitrik, asetik, propiyonik, laktik ve bütirik asit olmak üzere toplam 5 adet organik asit tespit edilmiş, taze Araban sarımsağında bütirik asidin, taze Tunceli dağ sarımsağında ise propiyonik asidin baskın olduğu, siyah sarımsaklarda ise laktik asit olarak belirlenmiştir. Depolama süresince siyah Tunceli sarımsakların organik asit miktarlarında genel olarak artış gözlenirken, siyah Araban sarımsakların organik asit miktarlarında azalma gözlemlenmiştir.

Taze ve siyah sarımsaklarda yapılan duyusal değerlendirmede, taze ve siyah sarımsakların içinde en çok Araban sarımsağının beğenildiği ve depolama boyunca

kendine has koku, rengi ve tadı muhafaza ettiği görölmüş, bu durumun ürünlerin muhafaza koşullarında bile kendilerine özgü özelliklerini koruduğu dolayısıyla raf ömürlerinin uzun olabileceği belirlenmiştir.



7. ÖNERİLER

Bu çalışma, kendine has yapısı ve içerdiği önemli biyoaktif bileşikleri ve coğrafi işaretlerini almalarıyla da oldukça popüler hale gelen Tunceli dağ sarımsağı ve Araban sarımsağına farklı sıcaklıklar uygulanarak üretilen siyah sarımsakların biyoaktif özelliklerini araştırmayı hedeflemiştir. Elde edilen sonuçlar kapsamında siyah sarımsakların sahip olduğu besin değerlerinin taze sarımsaklara göre daha yüksek çıkması, taze sarımsaklara has olan koku ve tadın siyah sarımsaklarda daha az olması ve henüz ticari üretiminin de olmaması sebebiyle gıda sektöründe fonksiyonel ürün olarak sunulması faydalı olacaktır. Ayrıca literatürde de bu konu kapsamında yeterli bilimsel çalışma bulunmadığı için yapılan bu çalışmayla katkı sağlaması beklenmekte; farklı sıcaklık, nem ve depolama koşulları denenerek ürünlerin besin değeri ve aromasının geliştirilmesi üzerine çalışmaların arttırılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdul khalil, H. P. S., Banerjee, A., Saurabh, C. K., Tye, Y. Y., Suriani, A. B., Mohamed, A., Karim, A. A., Rizal, S., ve Paridah, M. T. (2018). Biodegradable Films for Fruits and Vegetables Packaging Application: Preparation and Properties. *Food Engineering Reviews*, 10(3), 139–153.
- Abdullah, T. H., Kirkpatrick, D. V., ve Carter, J. (1989). Enhancement of natural killer cell activity in AIDS with garlic. *J. Oncol.*, 21, 52-53.
- Abdulrahman, M., Hirata, Ş., Mukae, T., Yamada, T., Savada, Y., El-Syaed, M., Yamada, Y., Sato, M., Hirai, M.Y., ve Shigyo, M. (2021). Comprehensive Metabolite Profiling in Genetic Resources of Garlic (*Allium sativum* L.) Collected from Different Geographical Regions, *Molecules*, 26(5), 1415.
- Abe, K., Hori, Y., ve Myoda, T. (2020). Characterization of key aroma compounds in aged garlic extract. *Food chemistry*, 312, 126081.
- Abe, K., Myoda, T., ve Nojima, S. (2021). Identification and characterization of sulfur heterocyclic compounds that contribute to the acidic odor of aged garlic extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(3), 1020-1026.
- Abraham, K., Gurtler, R., Berg, K., Heinemeyer, G., Lampen, A., ve Appel, K. E. (2011). Toxicology and risk assessment of 5-Hydroxymethylfurfural in food. *Molecular Nutrition and Food Research*, 55(5), 667-678.
- Acar J., ve Gökmen V. (2014). Fenolik bileşikler Saldamlı, İ.(Editör), Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara.
- Acay, Ü. (2018). Endemik Tunceli Sarımsağının (*Allium Tuncelianum*) Olgunlaşmamış Embriolarının In Vitro Rejenerasyonu Üzerine Çalışmalar, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi.
- Ağbaş, B., Demir, E., Karakuş, D., Adıgüzel, R., ve Keser, S. (2013). Tunceli Sarımsağının (*Allium tuncelianum*) Toplam Antioksidan Özelliklerinin ve Kuru Madde İçeriğinin Normal Sarımsak (*Allium sativum* L.) ile Karşılaştırılması, *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 2(1), 50-62.
- Ahmed, J., ve Shivhare, U. S. (2001). Thermal kinetics of color change, rheology, and storage characteristics of garlic puree/paste. *Journal of Food Science*, 66(5), 754–757.
- Ahmed, T., ve Wang, Ç. K. (2021), Black Garlic and Its Bioactive Compounds on Human Health Diseases: A Review, *Molecules*, 26(16), 5028.
- Ahsan, M., ve Islam, S. N. (1996). Garlic: a broad spectrum antibacterial agent effective against common pathogenic bacteria. *Fitoterapia*, 67(4), 374-376.
- Akan, S. (2014). Sarımsak (*Allium sativum* L.) Tüketiminin İnsan Sağlığına Yararları, *Akademik Gıda*, 12(2), 95-100.
- Akan, S. ve Halloran, N. (2012). Hasat Öncesi ve Hasat Sonrası Uygulamaların Sarımsakta Depo Ömrü ve Kaliteye Etkisi. *GIDA*, 37(4), 227-234.
- Akkan, S. (2013). Tunceli Sarımsağının (*Allium tuncelianum*, Kollmann, Özhatay,

- Matthew, Şiraneci 1995) Pullu Sazan (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758)'ın İmmun Sistemi Üzerine Etkisi Yüksek Lisans Tezi, Tunceli Üniversitesi.
- Aksoy, A. (2021). Gıdalarda pH Ölçümünün Önemi. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 193-216.
- Alarcón-Flores, M. I., Romero-González, R., Vidal, J. L. M., ve Frenich, A. G. (2014). Determination of phenolic compounds in artichoke, garlic and spinach by ultrahigh-performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Food analytical methods*, 7(10), 2095-2106.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., ve Cadwallader, K. R. (2003). Comparison of Natural and Roasted Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Volatiles and Flavor by DHA/GC/MS and Descriptive Sensory Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(1), 5067-5072.
- Alıhanoglu, S., Karaaslan, M., ve Vardin, H. (2017). Novel nutritive garlic product 'Black Garlic': A critical review of its composition, production and bioactivity. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(3), 57-63.
- Altınterim, B., ve Aksu, Ö. (2019). Masere sarımsak (*Allium sativum* Limne) ve Tunceli dağ sarımsağı (*Allium tuncelianum* Kollman) Yağlarının Yoğun Stoklanmış Gökkuşuğu Alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss* W.) Bazı Kan Parametrelerine ve NBT (Nitroblue Tetrazolium) Seviyelerine Etkileri, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 716 – 723.
- Amagase, H., Petesch, B. L., Matsuura, H., Kasuga, S., ve Itakura, Y. (2001). Intake of Garlic and Its Bioactive Components. *J. Nutr.*, 131(3), 955Se62S.
- Andres-Bello, A., Barreto-Palacios, V., Garcia-Segovia, P., Mir-Bel, J. ve Martinez-Monzo, J. (2013). Effect of pH on color and texture of food products. *Food Engineering Reviews*, 5(3), 158-170.
- Ankri, S., ve Mirelman, D. (1999). Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and infection*, 1(2), 125-129.
- Aoudeh, E., Oz, E., Kelebek, H., Brennan, C., Ahmad,N., Elobeid, T., ve Oz, F. (2023). Black garlic production: The innfluence of ageing temperature and duration on some physicochemical and antioxidant properties, and sugar content. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(7), 3580-3590.
- Armitage, J. A., Poston, L., ve Taylor, P. D. (2008). Developmental Origins of Obesity and Metabolic Syndrome: The Role of Maternal Obesity. *Front. Horm. Res.*, 36, 73-84.
- Arslaner, A., Çakır, Ö., Yıldız, H., ve Çakıroğlu, K. (2017). Taşköprü Sarımsağının (*Allium sativum* L.) Antioksidan ve Mineral Kompozisyonu. *Uluslararası Taşköprü Pompeipolis Bilim Kültür Sanat Araştırmaları Sempozyumu, Nisan, Kastamonu*, s.347-355.
- Ayaz, E., ve Alpsoy, H. C. (2007). Sarımsak (*Allium sativum* L.) ve Geleneksel Tedavide Kullanımı. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 31(2), 145-149.

- Aydın, S., Başaran, A. A., ve Başaran, N. (2004). The Protective Effects of Some Phenylethanoid Glycosides on the Mitomycin C Induced DNA Strand Breakage. Hacettepe University, *Journal of Faculty of Pharmacy*, 24(1), 1-11.
- Ayseli, M. T., Kelebek, H., ve Selli, S. (2019). Elucidation of aroma-active compounds and chlorogenic acids of Turkish coffee brewed from medium and dark roasted. *Coffea arabica* beans. *Food chemistry*, 338, 127821.
- Babacan, E. Y., Dogan, G., Demirpolat, A., ve Bagcı, E. (2018). Essential Oil Composition and Polen Morphology of Local Endemic *Allium tuncelianum* from Munzur Valley in Turkey. *Environmental Science*, 5(3), 72–79.
- Babat, A. (2023). Siyah Sarımsak ile Kekiğin Zatürre Patojen Bakterileri Üzerine Antimikrobiyal ve Antioksidatif Sinerjik Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi.
- Badr, G. M., ve Al-Mulhim, J., A. (2014). The protective effect of aged garlic extract on nonsteroidal anti-inflammatory drug-induced gastric inflammations in male albino rats. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. *Evid Based Complement Alternat. Med.* 2014, 759642.
- Bae, S. E., Cho, S. Y., Won, Y. D., Lee, S. H., ve Park, H., J., A. (2012). A Comparative Study of the Different Analytical Methods for Analysis of S-allyl Cysteine in Black Garlic by HPLC. *LWT - Food Sci. Technol.*, 46(2), 532–535.
- Bae, S. E., Cho, S. Y., Won, Y. D., Lee, S. H., ve Park, H. J. (2014). Changes in S-allyl Cysteine Contents and Physicochemical Properties of Black Garlic during Heat Treatment. *Food Sci Technol - Lebensmittel-Wissenschaft & Tech.*, 55(1), 397–402.
- Banerjee, S. K., Mukherjee, P. K., ve Maulik, S. K. (2003). Garlic as an antioxidant: The good, the bad and the ugly. *Phytotherapy Research*, 17, 97-106.
- Bansal, M., Singh, N., Dev, I., ve Ansari, M., K. (2018). Chemopreventive role of dietary phytochemicals in colorectal cancer. *Advances in Molecular Toxicology*, 12, 69-121.
- Bansal, S., Choudhary, S., Sharma, M., Kumar, S. S., Lohan, S., Bhardwaj, V., ve Jyoti, S. (2013). Tea: A native source of antimicrobial agents. *Food Research International*, 53(2), 568–584.
- Baumgartner, S., Dax, T. G., Praznik, W., ve Falk, H. (2000). Characterisation of the High-molecular Weight Fructan Isolated from Garlic (*Allium sativum* L.). *Carbohydrate Research*, 38(2), 177-183.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkilerle Tedavi. Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, s. 368- 371.
- Beato, V. M., Orgaz, F., Mansilla, F., ve Montaña, A. (2011). Changes in Phenolic Compounds in Garlic (*Allium Sativum* L.) Owing to the Cultivar and Location of Growth. *Plant Foods Human Nutr.*, 66(3), 218–223.

- Bedrníček, J., Laknerová, I., Lorenc, F., Moraes, P. P. D., Jarošová, M., Samková, E., ve Smetana, P. (2021). The use of a thermal process to produce black garlic: Differences in the physicochemical and sensory characteristics using seven varieties of fresh garlic. *Foods*, 10(11), 2703.
- Bekono, B. D., Ntie-Kang, F., Onguéné, P. A., Lifongo, L. L., Sippl, W., Fester, K., ve Owono, L. C. (2020). The Potential of Anti-malarial Compounds Derived from African Medicinal Plants: A Review of Pharmacological Evaluations from 2013 to 2019. *Malar. J.*, 19(1), 1–35.
- Benkeblia, N. (2005). Free- radical scavenging capacity and properties of some selected onions (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.) extracts. *An International Journal*, 48, 753-759.
- Birch, C. S., ve Bonwick, G., A. (2019). Ensuring the Future of Functional Foods. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2019, 54(5), 1467–1485.
- Block, E. (1991). Biologically active organosulfur compounds from garlic and onions: The search for new drugs. In sulfur- Centered Reactive Intermediates In Chemistry and Biology. NATO Conf. Series, Plenum pres: Newyork, 282-286.
- Block, E. (1985). The Chemistry of Garlic and Onions, *Scientific American*, 252,114 – 119.
- Block, E., Naganathan, S., Putman, D., ve Zhao, S. (1992). Allium chemistry: HPLC analysis of thiosulfinates from onion, garlic, wild garlic, leek, scallion, shallot, elephant, garlic, chive and Chinese chive. Uniquely high allyl to methl ratios in some garlic samples. *J. Agric. Food. Chem.*, 40, 2418-2430.
- Bocchini, P., Andalo, R., Galleti, G. C., ve Amtonelli, A. (2001). Determination of Diallyl thiosulfinate (allisin) in garlic (*Allium sativum*) by Highperformance liquid chromatography with a post- column photochemicel reactor. *Analysis Chimica Acta*, 441(1), 37-43.
- Bommegowda-Rashmi, H., ve Singh-Negi, P. (2020). Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits. *Food Research International*, 109298.
- Boonpeng, S., Siripongyutikorn, S., Sae- Wong, C., ve Sutthirak, P. (2014). The antioxidant and anti-cadmium toxicity properties of garlic extracts. *Food Sci. Nutr.*, 2(6), 792-801.
- Bordia, A. K., Josh, H. K., ve Sanadhya, Y. K. (1977). Effect of garlic oil on fibrinolytic activity in patient with CHD. *Atherosclerosis*, 28, 155-159.
- Borek, C. (2001). Antioxidant health effects of aged garlic extract. *The Journal of nutrition*, 131(3), 1010S-1015S.
- Borlinghaus, J., Albrecht, F., Gruhlke, C. H. M., Nwachukwu, D. I., ve Slusarenko, J. A. (2014). Allisin : Chemistry and Biological Properties. *National Library of Medicine*, 19(8), 12591-12618.

- Borrelli, R. C., Visconti, A., Mennella, C., Anese, M., ve Fogliano, V. (2002). Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6527- 6533.
- Botas, J., Fernandes, Â., Barros, L., Alves, M. J., Carvalho, A. M., ve Ferreira, I. C. A. (2019). Comparative Study of Black and White *Allium Sativum* L. *Nutritional Com.*, 24(11), 2194.
- Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S., ve Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: A historical perspective. *Plant Science*, 161(5), 839–851.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., ve Igic, R. (2008). Phenolics as Antioxidants in Garlic (*Allium Sativum* L., *Alliaceae*). *Food Chem.*, 111(4), 925–929.
- Bradley, C. (2009). New Black Magic: Black Garlic is New Food Sensation. *Herald Times*. 9, 2-25.
- Brewster, J. L. (1994). Onion and Other Vegetable Alliums. *CAB International*, 236p., UK.
- Budak, Ş. Ö., ve Dönmez, S. (2012). Gıda Biliminde Yeni Omik Teknolojileri. *Gıda*, 37 (3), 173-179 .
- Cantwell, M., ve Suslow, T. (2002(a)). Garlic. Recommendations for maintaining postharvest quality. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts>. Erişim Tarihi: 31.03.2023.
- Cantwell, M., ve Suslow, T. (2002(b)). Post Harvest Technology of Horticultural Crops. University of California, 445-463.
- Cantwell, M. I., Kang, J., and HONG, G. (2003). Heat treatments control sprouting and rooting of garlic cloves. *Postharvest Biol. Technol.*, 30, 57-65.
- Cao, R. H., Peng, W. L., Wang, Z. H., ve Xu, A. L. (2007). β -Carboline Alkaloids: Biochemical and Pharmacological Functions. *Current Medicinal Chemistry*, 14(4), 479-500.
- Capar, D., Inanır, C., Cimen, F., Ekici, L., ve Yalcın, H. (2022). Black garlic fermentation with green tea extract reduced HMF and improved bioactive properties: optimization study with response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16, 1340-1353.
- Capecka, E., Mareczek, A., ve Leja, M. (2005). Antioxidant Activity of Fresh and Dry Herbs of Some Lamiaceae Species. *Food Chemistry*, 9, 223-226.
- Capuano, E., ve Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A Review on Metabolism, Toxicity, Occurrence in Food and Mitigation Strategies, *Food Science and Technology*, 44(4), 793-810.
- Carbonaro, M. (2008). Proteomics: Present and future in food quality evaluation. *Trend Food Sci. Tech.*, 15, 209-216.
- Cavallito, C. J., ve Bailey, J., H. (1994). Allicin, the Bacterial Principle of *Allium*

- sativum* L. Isolation, Physical Properties and Antibacterial Action. *J.Am Chem. Soc.*, 66, 1950-1951.
- Cellini L., Di Campli, E., Masulli, M., Di Bartolomeo, S., ve Allocati, N. (1996). Inhibition of *Helicobacter pylori* by garlic extract (*Allium sativum*). *FEMS Immunol Med Microbiol*, 13, 273-277.
- Cemeroğlu, B. (2007). Gıda Analizleri Kitabı. Bizim Büro Basımevi. Ankara. 535s
- Cemeroğlu, B. (1992). Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları, Biltav Yayınları, Ankara.
- Chadwick, M., Gawthrop, F., Michelmores, R. W., Wagstaff, C., ve Methven, L. (2016). Perception of Bitterness, Sweetness and Liking of Different Genotypes of Lettuce. *Food Chemistry*, 197, 66-74.
- Cheong, K. L., Yan, F., ve Huang, X. (2012). Enzymologic Characterization of Garlic Fructan Exohydrolase. *Journal of Food Biochemistry*, 36(2), 248-253.
- Choe, E., ve Min, D., B. (2005). Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. *Journal of Food Science*, 70(9), R142-R159.
- Choi, D. J., Lee, S. J., Kang, M. M., Cho, H. S., Sung, N. J., ve Shin, J. H. (2008). Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 37(4), 465-471.
- Choi, I. S., Cha, H. S., ve Lee, Y. S. (2014). Physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Molecules*, 19(10), 16811-16823.
- Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P., ve Suri, S. (2021). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: recent developments. *Toxin Reviews*, 40(4), 545-561.
- Chua, S. L., Abdullah, F. I., ve Lim, S. H. (2022). Physicochemical Changes and Nutritional Content of Black Garlic During Fermentation. *Applied Food Research*, 2(2), 100216.
- Chuyen, N. V., Utsunomiya, N., ve Kato, H. (1991). Nutritional and physiological effects of casein modified by glucose under various conditions on growing and adult rats. *Agricultural and Biological Chemistry*, 55(3), 659-664.
- Cınar, A., Altuntas, S., Demircan, H., Dundar, A. N., Taner, G., ve Oral, R. A. (2022). Encapsulated Black Garlic: Comparison with Black Garlic Extract in terms of Physicochemical Properties, Biological Activities, Production Efficiency and Storage Stability. *Food Bioscience*, 50(A), 101979.
- Coca, M., Garcia, M. T., Gonzalez, G., Pena, M., ve Garcia, J. A. (2004). Study of colored compounds formed in sugar beet processing. *Food Chemistry* 86(3), 421-433.
- Corbo, M. R., Campaniello, D., Speranza, B., Bevilacqua, A., ve Sinigaglia, M. (2015). Nonconventional tools to preserve and prolong the quality of minimally-processed fruits and vegetables. *Coatings*, 5(4), 931-961.
- Corzo-Martínez, M., Corzo, N., ve Villamiel, M. (2007). Biological Properties of

- Onions and Garlic. *Trends in Food Science & Technology*, 18(12), 609-625.
- Costalos, C., Kapiki, A., Apostolou, M., ve Papatoma, E. (2008). The Effect of a Prebiotic Supplemented Formula on Growth and Stool Microbiology of Term Infants. *Early Human Development*, 84(1), 45-49.
- Couladis, M., Tzakou, O., Verykokıdou, E., ve Harvala, C. (2003). Screening of some Grek Aromatic Plants for Antioxidant Activity. *Phytotherapy Research*. 17, 194-195.
- Çam, M., Hışıl, Y., ve Durmaz, G. (2009). Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. *Food chemistry*, 112(3), 721-726.
- Çelebi, I. (2006). Color formation in wheat starch based glucose syrups and use of activated carbons for sugar decolorization. Natural And Applied Sciences of Middle East Technical University, A thesis of Master, 27-33.
- Dai, J., ve Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313–7352.
- Dairam, A., Fogel, R., Daya, S., ve Limson, J. L. (2008). Antioxidant and Iron-binding Properties of Curcumin, Capsaicin and S-allylcysteine Reduce Oxidative Stress in Rat Brain Homogenate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 3350-3356.
- Dal, M. Y. (2021). Şanlıurfa Koşullarında Farklı Soğan İriliklerinin Tunceli Sarımsağı (*Allium tuncelianum* (KOLLMAN), N.ÖZHATAY, D. MATHEW, S. SİRANECİ) Bitkisinin Bazı Tarımsal Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi.
- Daoud, M., Dilsiz, N., Gumushan, H., ve Ulakoglu, M. (2004). Antitumor Activity of An Ethanol Extract of Nigella Sativa Seeds. *Biologia Bratislava*, 59, 735-740.
- Das, U. N., (2006). Pyruvate is a Endogenous Anti-inflammatory and Anti-oxidant Molecule. *Med. Sci. Monit.*, 12, Pubmed.
- Demirci, B., T., ve Büyüktuncer, Z. (2021). Obezitenin Önlenmesi ve Tedavisinde Diyet Fitokimyasallarının Olası Rollerı, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 78(4), 555-566.
- Devrim, E. (2004). Hücre Kültürü Yöntemleri ve Çeşitli Hücre Serilerinde Sarımsak Bileşenlerinin Etkileri. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı*, 19-21(2004), 53-59.
- Dewi, N. N. A., ve Mustika, I. W. (2018). Nutrition content and antioxidant activity of black garlic. *International Journal of Health Sciences*, 2(1), 11-20.
- Diamantoglou. S., Rhizopoulou. S., ve Kull, U. (1989). Energy Content. Storage Substances. and Construction and Maintenance Costs of Mediterranean Deciduous Leaves. *Oecologia*. 8(4), 528-533.
- Ding, Y., Jiang, Y., Deng, Y., ve Zhao, Y. (2020). Effect of packaging materials and storage temperature on water status, mechanical and thermal properties of

- black garlic. *Food Packaging and Shelf Life*, 24,100507.
- Ding, Y., Zhou, Y., Wang, D., Dai, B ve Deng, Y. (2021). Metabolite, Volatile and Antioxidant Profiles of Black Garlic Stored in Different Packaging Materials. *Food Control*, 127.
- Diretto, G., Rubio-Moraga, A., Argandoña, J., Castillo, P., Gómez-Gómez, L., ve Ahrazem, O. (2017). Tissue-specific accumulation of sulfur compounds and saponins in different parts of garlic cloves from purple and white ecotypes. *Molecules*, 22(8), 1359.
- Durak, I., Kavutcu, M., Aytaç, B., Avcı, A., Devrim, E., Ozbek, H., ve Ozturk, H. S. (2004). Effects of garlic extract consumption on blood lipid and oxidant/antioxidant parameters in humans with high blood cholesterol. *The Journal of nutritional biochemistry*, 15(6), 373-377.
- Durak, I., Ozturk, H., S., Olcay, E.,ve Guven, C. (2002). Effects of garlic extract supplementation on blood lipid and antioxidant parameters and atherosclerotic plaque formation process in cholesterol-fed rabbits. *National Library of Medicine*, 2(2), 19-32.
- Dziri, S., Casabianca, H., Hanchi, B., ve Hosni, K. (2014). Composition of Garlic Essential Oil (*Allium Sativum L.*) As Influenced by Drying Method. *J. Essent. Oil Res.*, 26(2), 91–96.
- Eberthardt, M. V., Lee, C. Y., ve Liu, R. H. (2000). Nutrition: Antioxidant Activity of Fresh Apples. *Nature*, 405(6789), 903-904.
- Edwards, W. P. (2000). The Maillard Reactions. In *The Science of Sugar Confectionery*, Royal Society of Chemistry Publication, Cambridge, 9–13.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., ve Adıgüzel, N. (2000). Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı, Türkiye Tabiatını Koruma Derneği, 18, 118.
- Ekşi, G., ve Koyuncu, M. (2012). “*Allium tuncelianum* (Amaryllidaceae) türü üzerine morfolojik ve etnobotanik bir çalışma (Sect. Allium)”, XX. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, 10-13 Ekim, Antalya.
- El-Mofty M. M. (1994). Preventive action of garlic on aflatoxin B1-induced carcinogenesis in the toad Bufo regularis. *Nutr. Cancer*, 21(1), 95-100.
- Ergin, S. (2019). Siyah sarımsağın İnsan sağlığına Yararları. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(7), 940–945.
- Erşahin, R. (2020). Sarımsakta Depolama Süresince Allinaz Geni İfadesindeki Değişikliğin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi.
- Farhat, Z., Hershberger, P. A., Freudenheim, J., L., Mammen, M. J., Hageman Blair,, R., Aga, D. S., ve Mu, L. (2021). Types of garlic and their anticancer and antioxidant activity. A review of the epidemiologic and experimental evidence. *European Journal of Nutrition*, 1-25.
- Felton, J. S., Knize, M. G., Salmon, C. P., Malfatti, M. A., ve Kulp, K. S. (2002). Human exposure to heterocyclic amine food mutagens/carcinogens: relevance

- to breast cancer. *Enviromental and molecular mutagenesis*, 39(2-3), 112-118.
- Fırat, S. (2005). Alkole Bağlı Karaciğer Hasarının Önlenmesinde Sarımsak Vitamin E ve Melatoninin Kıyaslaması, Uzmanlık Tezi, İnönü Üniversitesi.
- Fleischauer A. T., Poole C., ve Arab, L. (2000). Garlic consumption and cancer prevention: meta-analyses of colorectal and stomach cancers. *Am J. Clin. Nutr.*, 72, 1047–1052.
- Fleischauer, A., T., ve Arab, L. (2001). Garlic and cancer: a critical review of the epidemiologic literature. *The Journal of nutrition*, 131(3): 1032S-1040S.
- Flickinger, E. A., Loo, J. V., ve Fahey, G. C. (2003). Nutritional Responses to the Presence of Inulin and Oligofructose in the Diets of Domesticated Animals: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1), 19-60.
- Flores, P., Hellin, P., ve Fenoll, J. (2012). Determination of Organic Acids in Fruits and Vegetables by Liquid Chromatography with Tandem-Mass Spectrometry. *Food Chemistry*, 132, 1049-1054.
- Frontling, R. A., ve Bulmer, G. S. (1978). In vitro effect of aqueous extract of garlic (*Allium sativum* L.) on the growth and viability of *Cryptococcus neoformans*. *Mycologia*, 70(2), 397-405.
- Fujita, H., Ymagami, T., and Ohshima, K. L. (2001). Longterm İngestion of a Fermented Soybean-derived Touchi-extract with Alpha-glucosidase İnhibitory Activity is Safe and Effective in Humans with Borderline and Mild Type – 2 Diabeted. *J.Nutr.*, 131, 2105 – 2108.
- Gallardo, J. M., Monica, C., ve Ignacio, O. (2013). ‘Proteomics in food science.’ Foodomics: Advanced Mass Spectrometry in Modern Food Science and Nutrition. *Cifuentes, A.*, Ed:125-165.
- Gao, Y. M., Xie, J. Y., ve Piao, Y. J. (1993). Ultrastructural observation of intratumoral neutrophils and macrophages induced by garlic oil. *J Chinese Western Integrated Med*, 13(9), 546-548.
- Garcia-Canas, V., Simo, C., Castro-Puyana, M., ve Cifuentes, A. (2014). Recent advances in the application of capillary electromigration methods for food analysis and foodomics. *Electrophoresis*, 35(1), 147-69.
- G.B.B. (2021). Gaziantep Büyükşehir Belediyesi. ‘Araban Sarımsağı’. <https://ci.gaziantep.bel.tr/Urunler/araban-sarimsagi-1017> . Erişim tarihi 02.05.2024.
- Ghosh, D., ve Poisson, L. M. (2009). “Omics” data and levels of evidence for biomarker discovery. *Genomics*, 93(1), 13-16.
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., ve Battino, M. (2014). Strawberry and Human Health: Effects beyond Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(18), 3867–3876.
- Glatt, H., ve Sommer, Y. (2006). 15- Helath Risks of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) and Related Compounds. Acrylamide and Other Hazardous

Compounds in Heat-Treated Foods. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Tecnology and Nutrition*, 328-357.

- Gokmen, V., ve Morales, F. J. (2014). Processing Contaminants: Hydroxymethylfurfural. *Encyclopedia of Food Safety*, 2, 404-408.
- Goldy, R. (2000). Producing garlic in Michigan. *Extension Bulletin E-2722*, 1- 12.
- Goleniowski M., Bonfill, M., Cusido R., ve Palazón J. (2013). Phenolic Acids. In: Ramawat K., Mérillon JM. (eds) *Natural Products*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gorinstein, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Drzewiecki, J., Najman, K., Katrich, E., Barasch, D., Yamamoto, K., ve Trakhtenberg, S. (2006). Raw and boiled garlic enhances plasma antioxidant activity and improves plasma lipid metabolism in cholesterol-fed rats. *Life Sciences*, 78(6), 655–663.
- Gou, M., Bi, J., Chen, Q., Wu, X., Fauconnir, M. L., ve Qiao, Y. (2023). Advances and perspectives in fruits and vegetables flavor based on molecular sensory science. *Food Reviews International*, 39(6), 3066-3079.
- Green, R., Allen, L. H., Bjørke-Monsen, A. L., Brito, A., Guéant, J. L., Miller, J. W., ve Ueland, P. M. (2017). Vitamin B₁₂ Deficiency. *Nature Reviews Disease Primers*, 3, 17040.
- Habtemariam, S. (2019). The chemical and pharmacological basis of garlic (*Allium sativum* L.) as potential therapy for type 2 diabetes and metabolic syndrome, Medicinal Foods as Potential Therapies for Type-2 Diabetes and Associated Diseases. 689–749.
- Hacıseferoğulları, H., Ozcan, M., Demır, F., ve Çalışır, S. (2005). Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Engineering*, 68(4), 463–469.
- Han, J. Z., ve Wang, Y. B. (2008). Proteomics: present and future in food science and technology. *Trends in Food Science & Technology*, 19(1), 26-30.
- Hanafy, M. S., Shalaby, S. M., ve El-Fouly, M. A. (1994). Effect of garlic on lead contents in chicken tissues. *D. T. W.*, 101(4), 157-158.
- Hang, X. (2005). Isolation and identification of garlic polysaccharide. *Food Sci.*, 26, 48-51.
- Haris, J. C., Cottrell, S. L., Plummer, S., ve Lloyd, D., (2001). Antimicrobial properties of *Allium sativum* (garlic). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 57(3), 282-286.
- Haris, J. C., Plummer, S. Turner, M. P., ve Lloyd, D. (2000). The microaerophilic flagellate *Giardia intestinalis*: *Allium sativum* (garlic) is an effective anti-giardial. *Microbiol*, 146 (12): 3119-27.
- Harmita, H., Suryadi, H., Syarif, M., ve Liksasa, L., D. (2020). Gas chromatography analysis of diallyl disulphide and diallyl trisulphide and antioxidant activity in black garlic. *International Journal of Phar.*, 10(1), 17-23.

- Heon, S. J., In, G. H., Hyun, Y. K., Koan, S. W., ve Junsoo, L. (2011). Biological Activities of Maillard Reaction Products (MRPs) in a Sugar – Amino acid Model System, *Food Chemistry*, 126(1), 221 – 227.
- Hirschegger, P., Jakše, J., Trontelj, P., ve Bohanec, B. (2010). Origins of *Allium ampeloprasum* horticultural groups and a molecular phylogeny of the section *Allium* (*Allium*: Alliaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(2).
- Hodge, J. E. (1953). Chemistry of Browning Reactions in Model Systems. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1, 928-943.
- Hofmann, T., ve Schieberle, P. (2000). Formation of aroma-active strecker-aldehydes by a direct oxidative degradation of Amadori compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(9), 4301–4305.
- Horev-Azaria, L., Eliav, S., and Izigov, N. (2009). Allicin up-regulates cellular glutathione level in vascular endothelial cells. *Eur. J. Nutr.*, 48, 67-74.
- Houshmand, B., Mahjour, F., ve Dianat, O. (2013). Antibacterial effect of different concentrations of garlic (*Allium sativum*) extract on dental plaque bacteria. *Indian journal of dental research*, 24(1), 71.
- Houston, M. C. (2005). Nutraceuticals, vitamins, antioxidants and minerals in the prevention and treatment of hypertension. *Progress in cardiovascular diseases*, 47(6), 399-449.
- Huang, L., Liu, Z., Wang, J., Fu, J., Jia, Y., Ji, L., and Wang, T. (2023). Biactivity and health effects of garlic essential oil: A review. *Food Science & Nutrition*, 11(6), 2450-2470.
- Huang, M. L., Jiang N. T., ve Jiang, X. M. (1984). Colour, Taste, and Odor Chemistry of Food. *China Light Industry Press*; Beijing, China.
- Huang, Y. A., Maruyama, Y., Stimac, R., ve Roper, S. D. (2008). Presynaptic (Type III) cells in Mouse Taste Buds Sense Sour (acid) Taste. *The Journal of Physiology*, 586(12), 2903-2912.
- Hwang, I. G., Kim, H. Y., Woo, K. S., Lee, J., ve Jeong, H. S. (2011). Biological activities of Maillard reaction products (MRPs) in a sugar–amino acid model system. *Food Chemistry*, 126(1), 221–227.
- İbret, Ü. B. (2005). Türkiye’deki Sarımsak Tarımı ve Taşköprü Sarımsağı Üzerine Coğrafi Açidan Bir İnceleme. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 12(7).
- İl, A. (2019). Sarımsakta Düşük Sıcaklıkta Farklı İfade Olan Protein Profillerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi.
- İlgün, S., Kongül-Şafak, E., Akçakaya-Mutlu, S., ve Şeker-Karatoprak, G. (2022). Tek Diş Siyah Sarımsak Ekstrelerinin Antioksidan, Sitotoksik ve Antidiyabetik Etkilerinin Değerlendirilmesi, *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17, 411-425.
- İzol, E. (2016). Bazı *Allium* (Yabani Sarımsak) Türlerinin Aflatoksin, Ağır Metal ve Sekonder Metabolit İçeriklerinin ICP – MS ve LC – MS/MS ile Belirlenmesi

ve Biyolojik Aktivitelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi.

- Iberl, B., Winkler, G., ve Knobloch, K. (1990). Products of allicin transformation: ajoenes and dithiins characterization and their determination by HPLC. *Planta Medical*, 56, 202-211.
- Ichikawa, M., Yoshida, J., Ide, N., Sasaoka, T., Yamaguchi, H., ve Ono, K. (2006). Tetrahydro- β -carboline derivatives in aged garlic extract show antioxidant properties. *The Journal of nutrition*, 136(3), 726S-731S.
- Imai, J., Ide, N., Nage, S., Moriguchi, T., Matsuura, H., ve Itakura, Y. (1994). Antioxidant and Radical Scavenging Effects of Aged Garlic and Its Constituents, *Planta Medica*, 60(5), 417 – 420.
- Ipek, M., Cansev, A., Sahan, Y., Ipek, A., ve Altınseker-Acun, D. Z. (2023). Characterization of phytochemical and functional properties of endemic edible *Allium tuncelianum* and comparison with commonly cultivated garlic, onion and leek crops. *European Food Research and Technology*, 249(4), 1113-1123.
- Ipek, M., Ipek, A., ve Simon P. W. (2008). Genetic characterization of *Allium tuncelianum*: An endemic edible *Allium* species with garlic odor. *Scientia Horticulturae*, 115, 409-415.
- Jangam, G. B., ve Badole, S. L. (2014). Garlic (*Allium sativum*). *Polyphenols in Human Health and Disease*, 611–614.
- Janzowski, C., Glaab, V., Samimi, E., Schlatter, J., ve Eisenbrad, G. (2000). 5-Hydroxymethylfurfural: assessment of mutagenicity, DNA-damaging potential and reactivity towards cellular glutathione. *Food and chemical toxicology*, 38(9), 801-809.
- Jeong, K. Y., ve Sim, K. H. (2020). Comparison of the Nutritional Composition of Quinoa Seeds Cultivated in Korea Depending on Different Cooking Methods. *Korean J. Food Nutr.*, 33(2), 117–130.
- Jeong, Y., Y., Ryu, J., H., Shin, J., H., Kang, M., J., Kang, J., R., Han, J., ve Kang, D. (2016). Comparison of Anti-oxidant and Anti-inflammatory Effects between Fresh and Aged Black Garlic Extracts. *Molecules.*, 21(4), 430.
- Jing, F., Zhou, Z., Enomoto, H., Moriya, T., and Higashijima, H. (2004). Conversion Mechanism of Cellulosic Biomass to Lactic acid in Subcritical Water and Acid-base Catalytic Effect of Subcritical Water. *Chemistry Letters*, (2), 126-127.
- Jing, H. (2020). Black garlic: Processing, composition change, and bioactivity. *E. Food*, 1(3), 242-246.
- Jonkers, D., Sluimer, J., ve Stobberingh, E. (1999). Effect of garlic on vancomycin-resistant enterococci. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 43(12), 3045.
- Jung, I. K., Young, M. L., Oh, C. G., Yeong, J. S., Jieun, I. M. N, J. K., ve Myo, J.

- K. (2009). Antioxidant Effect of Grlic andA ged Black Garlic in Animal Model of Type 2 Diabetes Mellitus, *Nutr. Res. Pract.*, 3(2), 1556 – 161.
- Jung, Y. M., Lee, S. H., Lee, D. S., You, M. J., Chung, I. K., Cheon, W. H., ve Ku, S. K. (2011). Fermented garlic protects diabetic, obese mice when fed a high-fat diet by antioxidant effects. *Nutrition research*, 31(5), 387-396.
- Kaaruniya, G., ve Sasi, Priya, T. (2018). A review on therapeutic use of essential oils from traditional herbal plants. *International Journal of Botany Studies*. 3(5), 8-14.
- Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., ve Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3954-3962.
- Kahyaoglu, D. T. (2021). Comparison of the antioxidant of garlic cloves with garlic husk and stem. Determination of utilization potential of garlic agricultural wastes. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2): 463-469.
- Kamanna, V., ve Chandrasekhara, N. (1980). Fatty Acid Composition of Garlic (*Allium sativum* Linnaeus) Lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 57(6): 175.
- Kammerer, D. R.; Kammerer, J., Valet, R., ve Carle, R. (2014). Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients. *Food Research International*, 65, 2–12.
- Kandil, O. M., Abdellah, T. H., ve Elkadi, A. (1987). Garlic and the immune system in humans: its effects on natural killer cells. *Fed. Proc.*, 46, 441.
- Kang, J. H., Son, H. J., Min, S. C., Oh, D. H., ve Song, K. B. (2017). Antimicrobial activity of black garlic pomace extract and its application to cleansing of fresh spinach leaves for microbial control. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 46(4), 450-458.
- Kang, M. J., Kang, J. R., Kim, D. G., ve Shin, J. H. (2018). Chemical characteristics and antioxidant activity of garlic extract from different ethanol solution. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 47(9): 895-903.
- Kang, O. J. (2016(a)). Evaluation of melanoidins formed from black garlic after different thermal processing steps. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(4), 398-405.
- Kang, O. J. (2016(b)). Pysicochemical Characteristics of Black Garlic after Different Thermal Processing Steps, *Prev. Nutr. Food Sci.*, 21(4), 348 – 354.
- Kao, S. H., Hsu, C. H., Su, S. N., Hor, W. T., ve Chow, L. P. (2004). Identification and Immunologic Characterization of an Allergen, Allin lyase, from Garlic (*Allium sativum*). *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113(1), 161-168.
- Karaaslan-Ayhan, N. M., Ince, M. Kaplan-Ince, O., ve Goksin-Karaaslan, M. (2019).

Determination of antioxidant capacity using different acidified solvents and element contents of *Allium tuncelianum*: A regional and varietal study on endemic edible garlic. *Instrumentation Science and Technology*, 47(4), 423–435.

- Karakan-Yaralı, F. (2021). The Effects of GA₃ Treatments and Nutrient Media on In Vitro Seed Germination of *Allium tuncelianum* (Kollman), Özhatay. Matthew, Şiraneci. *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants*, 4(2), 103-107.
- Karakaya, S., Eksi, G., Koca, M., Demirci, B., Kaymak, H. C., Kaplan, M. E., ve Aksakal, O. (2019). Chemical and morphological characterization of *Allium tuncelianum* (amaryllidaceae) and its antioxidant and anticholinesterase potentials. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 76(2), 1–7.
- Karalis, K. P., Giannogonas, P., Kodela, E., Koutmani, Y., Zournakis, M., ve Teli, T. (2009). Mechanisms of Obesity and Related Pathology: Linking Immune Responses to Metabolic Stress, *FEBS, J.*, 276(20), 5747-5754.
- Karasaki, Y., Tsukamoto, S., Mizusaki, K., Sugiura, T., ve Gotoh, S. (2001). A garlic lectin exerted an antitumor activity and induced apoptosis in human tumor cells. *Food Res Int*, 34, 7-13.
- Kemp, E. S., Hollowood, T., ve Hort, J. (2009). Sensory Evaluation. A Practical Hand Book. Wiley-Blackwell. U.K. pp.195.
- Kemper, K. J. (2000). Garlic (*Allium sativum*). The Longwood Herbal Task Force. <https://www.yumpu.com/en/document/read/3781207/garlic-allium-sativumlongwood-herbal-task-force> (Erişim tarihi: 10.04.2023).
- Khuda-Bukhsh, A. R., Das, S., ve Saha, S. K. (2014). Molecular approaches toward targeted cancer prevention with some food plants and their products: Inflammatory and other signal pathways. *Nutrition and Cancer*, 66, 194-205.
- Kılıc-Buyukkurt, O., Kelebek, H., Bordiga, M., Keskin, M., ve Selli, S. (2023). Changes in the aroma and key odorants from white garlic to black garlic using approaches of molecular sensory science: A review. *Heliyon*, 9(8), e19056.
- Kızıl, S., Sogut, T., ve Khawar, K. M. (2017). Germination and bulb formation of *Allium tuncelianum* L. under in vitro condition, ICAB 2017: 19th International Conference on Agriculture and Biotechnology. 13-14 July, Stockholm, Sweden.
- Kim, D. G., Kang, M. J., Hong, S. S., Choi, Y. H., ve Shin, J. H. (2017). Antiinflammatory Effects of Functionally Active Compounds Isolated from Aged Black Garlic. *Phytotherapy Res.*, 31(1), 53-61.
- Kim, H. K., Choi, Y. W., Lee, E. N., Park, J. K., Kim, S. G., Park, D., J., Kim, B. S., Lim, Y. T., ve Yoon, S. (2011). 5-Hydroxymethylfurfural from Black Garlic Extract Prevents TNF α -INDUCED Monocytic Cell Adhesion to HUVECs by Suppression of Vascular Cell Adhesion Molecule-1 Expression, Reactive Oxygen Species Generation and NF- κ B Activation. *Phytotherapy Research*,

25(7), 965-974.

- Kim, J., H., Nam, S., H., Rico, C., W., ve Kang, M., Y., A. (2012). Comparative Study on the Antioxidative and Anti-allergic Activities of Fresh and Aged Black Garlic Extracts. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 47(6), 1176–1182.
- Kim, J. S., Kang, K. J., ve Gweon, O. C. (2013(a)). Comparison of Phenolic Acids and Flavonoids in Black Garlic at Different Thermal Processing Steps. *J. Funct. Foods.*, 5(1), 80–86.
- Kim, J. S., Kang, O., ve Gweon, O. (2013(b)). Changes in the Content of Fat- and Water –Soluble Vitamins in Black Garlic at the Different Thermal Processing Steps. *Food Science and Biotechnology*, 22(1), 283-287.
- Kim, K. W., Kim, Y. T., Kim, M., Noh, B. S., ve Choi, W. S. (2014). Effect of High Hydrostatic Pressure (HHP) Treatment on Flavor, Physicochemical Properties and Biological Functionalities of Garlic. *LWT- Food Science and Technology*, 55(1), 347-354.
- Kim, N. Y., Park, M. H., Jang, E. Y., ve Lee, J. (2011). Volatile Distribution in Garlic (*Allium sativum* L.) by Solid Phase Microextraction (SPME) with Different Processing Conditions. *Food Science and Biotechnology*, 20(3), 775-782.
- Kim, S. B., Hayase, F., ve Kato, H. (1987). Desmutagenic effect of α -dicarbonyl and α -hydroxycarbonyl compounds against mutagenic heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 177(1), 9-15.
- Kim, S. H., Jung, E.Y., Kang, D. H., Chang, U. J., Hong, Y. H., ve Suh, H. C. (2012). Physical stability, antioxidative properties, and photoprotective effects of a functionalized formulation containing black garlic extract. *Journal of Photoch.*, 5(117), 104-10.
- Kim, S. R., Jung, Y. R., An, H. J., Kim, D. H., Jang, E. J., Choi, Y. J., ve Chung, H. Y. (2013). Anti-wrinkle and anti-inflammatory effects of active garlic components and the inhibition of MMPs via NF- κ B signaling. *PloS one*, 8(9), e73877.
- Kimura, S., Tung, Y. C., Pan, M. H., Su, N. W., Lai, Y. J., ve Cheng, K. C. (2017). Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 62–70.
- King, H., Aubert, R. E., ve Herman, W. H. (1998). Global Burden of Diabetes, 1995 – 2025: Prevalence, Numerical Estimates and Projections. *Diabetes Care*, 21, 1414 – 1431.
- Koch, H. P., ve Lawson, L. D. (1996). Garlic: The Science and Therapeutic Application of *Allium sativum* L. and Related Species. Germany, 135-212s.
- Kodera, Y., Suzuki, A., Imada, O., Kasuga, S., Sumioka, I., Kanezawa, A., ve Ono, K. (2002). Physical, Chemical, and Biological Properties of S-allylcysteine, an Amino Acid Derived From Garlic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 30, 622 – 632.

- Kodera, Y., Ushijima, M., Amano, H., Suzuki, J. I., ve Matsutomo, T. (2017). Chemical and biological properties of S-1-propenyl-L-cysteine in aged garlic extract. *Molecules*, 22(4), 570.
- Koga, Y., Yoshiga, T., Shindo, J., Aoyama, R., Matsumoto, H., Ryuda, N., ve Ueno, D. (2021). Identification of Distinctive Odor Compounds Generated from Garlic Infected by Potato Rot Nematode Using Gas Chromatography-olfactometry. *Bunseki Kagaku*, 70(7-8), 427-434.
- Kong, Z., Shinohara, K., Mitsuiki, M., Murakami, H., ve Omura, H. (1989). Desmutagenicity of Furan Compounds towards Some Mutagens. *Agric. Biol. Chem.*, 53, 2073-2079.
- Konishi, Y., Zhao, Z., ve Shimizhu, M. (2006). Phenolic acids are absorbed from the rat stomach with different absorption rates. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(20), 7539–7543.
- Kosar, M., Koyuncu, M., ve Bařer, K. H. C. (2006). Folk use of some wild and cultivated *Allium* species in Turkey. *Proceedings of the IVth International Congress of Ethnobotany (ICEB 2005)*, 87–90.
- Kournakis, P. N., ve Rekka, E. (1991). Effect on active oxygen species of Alliin and *Allium sativum* (garlic) powder. *Reserch Commun. In Chem. Path. and Pharmacol.*, 74(2), 249-252.
- Kournakis, P. N., ve Rekka, E. (1991). Effect on active oxygen species of Alliin and *Allium sativum* (garlic) powder. *Research Commun. In Chem. Path. and Pharmacol.*, 74(2), 249-252.
- Koyuncu, M. (2013). Sarımsağın tarihçesi, kullanım alanları, faydaları. Taşköprü Sarımsak Paneli Bildiri Notları, Kastamonu: Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı, 11-21s.
- Kozan, G. (2012). *Allium Sativum* L. (Kastamonu ve Denizli Yerel) Bitkisinin Uçucu Yağlarının Kimyasal Bileşimi, Antibakteriyel ve Antioksidan Aktivitesinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi.
- Ku, K. H., Lee, K. A., ve Park, J. B. (2012). Physicochemical Properties and Sensory Evaluation for the Heat Level (Hot Taste) of Korean Red Pepper Powder. *Korea Food Research Institute*, 17, 23-35.
- Kumar, V. M., Henley, A., K., Nelson, C. J., Indumati, O., Rao, Y. P., Rajanna, S., ve Rajanna, B. (2017). Protective Effect of *Allium Sativum* (Garlic) Aqueous Extract against Lead-induced Oxidative Stress in the Rat Brain, Liver, and Kidney. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 24(2), 1544–1552.
- Kutlu, T., Takım, K., Karaaslan, M. G., ve Yılmaz, M. A. (2018). Tunceli Dağ Sarımsağının (*Allium tuncelianum*) Rat Kalp Dokusu Antioksidan Enzim Düzelerine Etkisi ve Fenolik Bileşenlerinin Karakterizasyonu. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 21(5), 632-643.
- Kütevin, Z., ve Türkeş, T. (1987). Sebzecilik ve Genel Sebze Tarımı Prensipleri ve Pratik Sebzecilik Yöntemleri. İnkılap Kitabevi, İstanbul.

- Labuza, T., ve Baisier, W. M. (1992). The kinetics of nonenzymatic browning. *Physical chemistry of foods*. Marcel Dekker, New York, 595-649.
- Labuza, T. P., ve Saltmarch, M. (1981). The nonenzymatic browning reaction as affected by water in foods. *Water activity: Influences on food quality*. Academic Press, New York, NY, USA, 605-650.
- Lafay, S., ve Gil-Izquierdo, Á. (2007). Bioavailability of phenolic acids. *Phytochemistry Reviews*, 7, 301-311.
- Lambert, L., Rombouts, I., Brijs, K., Gebruers, K., ve Delcour, J. A. (2008). Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators in long-grain rice cultivars. *Food Chemistry*, 110(4), 916-922.
- Landete, J. M. (2013). Dietary intake of natural antioxidants: vitamins and polyphenols. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(7), 706-721.
- Lansalot-Matras, C., ve Moreau, C. (2003). Dehydration of fructose into 5-hydroxymethylfurfural in the presence of ionic liquids. *Catalysis Communications*, 4(10), 517-520.
- Lanzotti, V. (2006). The Analysis of Onion and Garlic. *Journal of Chromatography*, 1112(1), 3-22.
- Lanzotti, V., Bonanomi, G., ve Scala, F. (2013). What makes Allium species effective against pathogenic microbes?. *Phytochemistry reviews*, 12, 751-772.
- Lawson, L. D., ve Gardner, C. D. (2005). Composition, stability, and bioavailability of garlic products used in a clinical trial. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(16): 6254-6261.
- Lawson, L. D., ve Huges, B. G. (1992). Characterization of the formation of allicin and other thiosulfinates from garlic. *Planta Medical*, 58, 345-350.
- Lawson, L. D., ve Wang, Z., Y., J. (/2001). Low Allicin release from garlic supplements: a major problem due to the sensitivities of alliinase activity. *J. Agric. Food. Chem.*, 49, 2592-2599.
- León, K., Mery, D., Pedreschi, F., ve León, J. (2006). Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10), 1084-1091.
- Lee, C. H., Chen, Y. T., Hsieh, H. J., Chen, K. T., Chen, Y. A., Wu, J. T., ve Hsieh, C. W. (2020). Exploring epigallocatechin gallate impregnation to inhibit 5-hydroxymethylfurfural formation and the effect on antioxidant ability of black garlic. *Lwt*, 117, 108628.
- Lee, E. N., Choi, Y. W., Kim, H. K., Park, J. K., Kim, H. J., Kim, M. J., ve Yoon, S. (2011). Chloroform extract of aged black garlic attenuates TNF- α -induced ROS generation, VCAM-1 expression, NF- κ B activation and adhesiveness for monocytes in human umbilical vein endothelial cells. *Phytotherapy Research*, 25(1), 92-100.
- Lee, J., ve Harnly, J. M. (2005). Free amino acid and cysteine sulfoxide composition

- of 11 garlic (*Allium sativum* L.) cultivars by gas chromatography with flame ionization and mass selective detection. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(23), 9100–9104.
- Lee, S. C., Abdullah, F. I., ve Song, H. L. (2022). Physicochemical Changes and Nutritional Content of Black Garlic During Fermentation, *Applied Food Research*, 2(2).
- Lee, Y. K., Bone, N. D., Streg, A. K., Jelinek, D. F., ve Kay, N. E. (2004). VEGF receptor phosphorylation status and apoptosis is modulated by a green tea component, epigallocatechin-3-gallate (EGCG) in B cell chronic lymphocytic leukemia, *Blood*, 10, 788–794.
- Lee, Y. M., Gweon, O. C., Seo, Y. J., Im, J., Kang, M. J., Kim, M. J., ve Kim, J. I. (2009). Antioxidant Effect of Garlic and Aged Black Garlic in Animal Model of Type 2 Diabetes Mellitus. *Nutr. Res. Pract.*, 3(2), 156–161.
- Lemar, K. M., Passa, O., Aon, M. A., Cortassa, S., Muler, C. T., Plummer S., O'rourke, B., ve Lloyd, D. (2005). Allyl alcohol and garlic (*Allium sativum*) extract produce oxidative stress in *Candida albicans*. *Microbiol*, 151, 3257-3265.
- Leontiev, R., Hohaus, N., Jacob, C., Gruhlke, M. C. H., ve Slusarenko, A. J. (2018). A Comparison of the Antibacterial and Antifungal Activities of Thiosulfinate Analogues of Allicin, *Scientific Report*, 8(6763).
- Liang, T., Wei, F., Lu, Y., Kodani, Y., Nakada, M., Miyakawa, T., ve Tanokura, M. (2015). Comprehensive NMR analysis of compositional changes of black garlic during thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(2), 683-691.
- Li, A., Yi, G., Yin, J., Sun, P., Li, D., ve Knight, C. (2008). Effects of Organic Acids on Growth Performance, Gastrointestinal pH, Intestinal Microbial Populations and Immune Responses of Weaned pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21(2): 252-261.
- Li, K., Zhan, P., Tian, H., Wang, P., and Ji, Y. (2021). Effects of drying time on the aroma of garlic (*Allium sativum* L.) seasoning powder. *Flavour and Fragrance Journal*, 36(1), 99-110.
- Li, M. M., Wu, L. Y., Zhao, T., Xiong, L., Huang, X., Liu, Z. H., Fan, X. L., Xiao, C. R., Gao, Y., Ma, Y. B., Chen, J. J., Zhu, L. L., ve Fan, M. (2010). The Protective Role of 5-HMF Against Hypoxic Injury. *Cell Stress and Chaperones*, 16(3): 267.
- Li, N., Lu, X., Pei, H., and Qiao, X. (2014). Effect of freezing pretreatment on the processing time and quality of black garlic. *Journal of Food Process Engineering*, 38(4): 329-335.
- Li, N., Lu, X., Pei, H., ve Qiao, X. (2015). Effect of Freezing Pretreatment on the Processing Time and Quality of Black Garlic. *J. Food Process Eng.*, 38(4), 329–335.

- Li, Y. X., Li, Y., Qian, Z. J., Kim, M. M., ve Kim, S. K. (2009). In vitro antioxidant activity of 5-HMF isolated from marine red alga *Laurencia undulata* in free-radical-mediated oxidative systems. *J Microbiol Biotechnol*, 19(11): 1319-1327.
- Liu, J., Zhang, G., Cong, X., ve Wen, C. (2018). Black Garlic Improves Heart Function in Patients With Coronary Heart Disease by Improving Circulating Antioxidant Levels. *Frontiers in Physiology*, 9.
- Losling, P. (2003). Alicin the heart of garlic. *NWI Publishing, Callahan Florida*, s.6-158.
- Lu, X. (2017). Study on Formation Mechanism and Function of Black Garlic Oligosaccharides, Shandong Agriculture University, Doctoral Thesis.
- Lu, X., Li, N., Qiao, X., Qiu, Z., ve Liu, P. (2018). Effects of thermal treatment on polysaccharide degradation during black garlic processing. *LWT-Food Science and Technology*, 95(61): 223-229.
- Luo, H., Wu, L., Zhu, C., Shen, T., Wang, X., Qiang, Q., Hu, W., ve Ji, L. (2016). The changes of volatile compounds and nutritional compositions of aged black garlic during processing. *Food Sci. Technol.*, 41:104-108.
- Ma, Y., Song, D., Wang, Z., Jiang, J., Jiang, T., Cui, F., ve Fan, X. (2011). Effect of ultrahigh pressure treatment on volatile compounds in garlic. *Journal of food process engineering*, 34(6): 1915-1930.
- Maillard, L. C. (1912(a)). Réaction générale des acides aminés sur les sucres. *Journal de Physiologie* 14: 813.
- Maillard, L. C. (1912(b)). Action des acides aminés sur les sucres: formation des mélanoidines par voie méthodique. *Compte-rendu de l'Académie des sciences* 154, 66-68.
- Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., ve Rémésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 230S– 242S.
- Mansingh, D. P., Dalpati, N., Sali, V. K., ve Vasanthi, A. H. R. (2018). Alliin the precursor of allicin in garlic extract mitigates proliferation of gastric adenocarcinoma cells by modulating apoptosis. *Pharmacognosy Magazine*, 14(1), S84-S91.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C., ve Lericci, C., R. (2000). Review of nonenzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in food science & technology*, 11: 340–346.
- Markowitz, J. S., De Vane, L., Chavin, K. D., Taylor, R. B., Ruan, Y. ve Donovan, J. L. (2018). Effect of Garlic (*Allium sativum* L.) Supplementation on Cytochrome P450 2D6 and 3A4 Activity in Healthy Volunteers, *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 74(2): 170-176.

- Marnett, L. J. (2002). Oxy Radicals, Lipid Peroxidation and DNA Damage. *Toxicology*, 181: 219-222.
- Martínez-Casas, L., Lage-Yusty, M., ve Lópezhernández, J. (2017). Changes in the aromatic profile, sugars, and bioactive compounds when purple garlic is transformed into black garlic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(49): 10804-10811.
- Martins, S. I., Jongen, W. M., ve Van Boekel, M. A. (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in food science & technology*, 11(9-10): 364-373.
- Mc Elnay, J. C., ve Po, A. L. W. (1991). Garlic. *The Pharmaceutical Journal*, 246, 324-326.
- Medina, M. A. T., Aparicio, J. P., Ortega, A. M., ve Rojas, R. M. (2019). Influence of variety and storage time of fresh garlic on the physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Foods*, 8, 314-324.
- Medina-Remon, A., Ana Barrionuevo-González, Z. Zamora-Ros R., Andres-Lacueva C., Estruchb, R., Martínez-González, M. A., Díez-Espino J., ve Lamuela-Raventos, R. M. (2009). Rapid Folin - Ciocalteu Method Using Microtiter 96-well Plate Catridges for Solid Phase Extraction to Assess Urinary Total Phenolic Compounds. as a Biomarker of Total Polyphenols Intake. *Analytica Chimica Acta*, 634: 54-60.
- Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D. A., Bartual, J., ve Saura, D. (2011). Phytochemical Characterisation For Industrial Use of Pomegranate (*Punica Granatum L.*) Cultivars Grown In Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1893-1906.
- Meral, R., ve Doğan, İ. S. (2012). Karadut (*Morus nigra*) Katkılı Ekmekğin Antioksidan Aktivitesi ve Fenolik Kompozisyonu. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(4): 43-48.
- Michail, K., Matzi, V., Maier, A., Herwig, R., Greilberger, J., Juan, H., Kunert, O., ve Wintersteiger, R. (2007). Hydroxymethylfurfural: An Enemy or a Friendly Xenobiotic? A Bioanalytical Approach. *Anal. Bioanal. Chem.*, 387(8), 2801.
- Millward, D. J., Layman, D. K., Tomé, D., ve Scaafsma, G. (2008). Protein Quality Assessment: Impact of Expanding Understanding of Protein and Amino Acid Needsfor Optimal Health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(5),1576S-1581S.
- Molina-Calle, M., Priego-Capote, F., ve De Castro, M. D. L. (2017). Headspace–GC–MS volatile profile of black garlic vs fresh garlic: Evolution along fermentation and behavior under heating. *Lwt*, 80, 98-105.
- Morales, J. F., ve Jimenez- Perez, S. (2001). Free Radical Scavenging Capacity of Maillard Reaction Products as Related to Colour and Fluorescence. *Food Chemistry*, 72, 119-125.
- Moreno-Ortega, A., Pereira-Caro, G., Ordóñez, J. L., Moreno-Rojas, R., Ortiz-

- Somovilla, V., ve Moreno-Rojas, J. M. (2020). Bioaccessibility of Bioactive Compounds of 'Fresh Garlic' and 'Black Garlic' through In Vitro Gastrointestinal Digestion, *Foods*, 9(11), 1582.
- Morkmek, N., Chattaviriya, P., Lertprasertsuke, N., Chuncharunee, S., ve Ruangyuttikarn, W. (2010). Detoxification of cadmium induced renal and hepatic injuries in rats by *Thunbergia laurifolia* Lindl. leaf extract. *Thai Journal of Toxicology*, 25(2), 115.
- Naganawa, R., Iwata, N., Ishikawa, K., Fukuda, H., Fujino, T. ve Suzuki, A. (1996). Inhibition of microbial growth by ajoene, a sulfur-containing compound derived from garlic. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62(11), 4238-4242.
- Nagao, M., Fujita, Y., Wakabayashi, K., Nukaya, H., Kosuge, T., ve Sugimura, T. (1986). Mutagens in coffee and other beverages. *Environmental health perspectives*, 67, 89-91.
- Nagella, P., Thiruvengadam, M., Ahmad, A., Yoon, J. Y., ve Chung, I. M. (2014). Composition of Polyphenols and Antioxidant Activity of Garlic Bulbs Collected from Different Locations of Korea. *Asian Journal of Chemistry*, 26(3).
- Najman, K., Sadowska, A., ve Hallmann, E. (2020). Influence of thermal processing on the bioactive, antioxidant, and physicochemical properties of conventional and organic agriculture black garlic (*Allium sativum* L.). *Applied Sciences*, 10(23): 8638.
- Namiki, M. (1988). Chemistry of Maillard reactions: recent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens. *Advances in food research*, 32: 115-184.
- Nasr, A. Y., ve Alshali, R. A. (2020). Cytoprotective and antioxidant effects of aged garlic extract against adriamycin-induced cardiotoxicity in adult male rats. *Anat. Cell Biol.*, 53(2): 201-215.
- Nervi, C. (2006). Garlic Biochemistry: Effect on Human Health., Università degli Studi di Torino. *Nutrition and Food Research* 51(11), 1386-1397.
- Noh, S. H., Park, S. H., Lee, H., ve Kim, H. S. (2014). Optimum Conditions for S-allyl-(L)-cysteine accumulation in aged garlic by RSM. *Food Science and Biotechnology*, 23, 717-722.
- Nomura, S., Ichinose, T., Jinde, M., Kawashima, Y., ve Tachiyashiki, K. (2008). Tea Catechins Enhance the Mrna Expression of Uncoupling Protein 1 in Rat Brown Adipose Tissue. *J. Nutr. Biochem.*, 19(12), 840-847.
- O'Gara, E. A., Hill, D. J., ve Maslin, D. J. (2000). Activities of garlic oil, garlic powder, and their diallyl constituents against *Helicobacter pylori*. *Applied and environmental microbiology*, 66(5), 2269-2273.
- Olsson, M. E., Gustavsson, K. E., Andersson, S., Nilsson, A., ve Duan, R. D. (2004). Inhibition of Cancer cell Proliferation in vitro by Fruit and Berry Extracts and Correlations with Antioxidant Levels. *Journal of Agricultural and Food*

Chemistry, 52(24), 7264-7271.

- Onoğur, T.A. ve Elmacı, Y. (2011(a)). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Sidas Medya. İzmir. ss.134.
- Onoğur, T. A., Elmacı, Y., ve Demirağ, K. (2011(b)). Gıda Kalite Sağlama. Sidas Medya. İzmir. ss. 28-32.
- Osawa, T. (1994). Novel Natural Antioxidants for Utilization in Food and Biological Systems. In Postharvest Biochemistry of Plant Food-Materials in the Tropics; Uritani, I., Garcia, V. V., Mendoza, E. M., Eds.; *Japan Scientific Societies Press.*, Tokyo, Japan, 241–251.
- Ozkan, O., Gul, S., Kart, A., Çiçek, B. A., ve Kılıç, K. (2013). In vitro Antimutagenicity of *Allium tuncelianum* Ethanol Extract Against Induction of Chromosome Aberration by Mutagenic Agent Mitomycine C. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2, 259-262.
- Özaydın, G. A., Arın, E., ve Önem, E. (2020). Türk Mutfağında Yeni Bir Fonksiyonel Gıda Olarak Siyah Sarımsak (*Allium sativum* L.): Fenolik Madde İçeriği ve Bakteriyel İletişim (Quorum Sensing) Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 18(1), 27-35.
- Özçelik, S., Sümer, Z., Değerli, S., Özcan, F., ve Sökmen, A. (2006). Sarımsak (*Allium sativum*) özütü skolosidal ajan olarak kullanılabilir mi? 3. Ulusal Hidatidoloji Kongresi, 6-9 Eylül, Sözlü Bildiri, Samsun, s.52.
- Özhatay, N., Koyuncu, M., Atay, S., ve Byfield, A. (1997). Türkiye'nin doğal tıbbi bitkilerinin ticareti hakkında bir çalışma. Wwfuk/Stanley Smith Horticultural Trust. Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul, Türkiye.
- Özlü, H. (2009). Sığır Sakatat ve Kaslarında İz Element İçeriğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi.
- Pahlavani, N., Jafari, M., Sadeghi, O., Rezaei, M., Raasad, H., Rahdar, H. A., ve Entezari, M. H. (2014). L-arginine supplementation and risk factors of cardiovascular diseases in healthy men: a double-blind randomized clinical trial. *F1000 Research*, 12(3): 306.
- Pakakaew, P., Phimolsripol, Y., Taesuwan, S., Kumphune, S., Klanpetch, W., ve Utama-Ang, N. (2022). The Shortest Innovative Process for Enhancing the S-Allylcysteine Content Activity of Black and Golden Garlic. *Scientific reports*, 12(1), 11493.
- Pari, L., Murugavel, P., Sitasawad, S. L., ve Kumar, S. (2007). Cytoprotective and antioxidant role of diallyl tetrasülfide on cadmium induced renal injury: An in vivo and in vitro study. *J. Life Sci.*, 80, 650-658.
- Park, C., Park, S., Chung, Y. H., Kim, G. Y., Choi, Y. W., Kim, B. W., ve Choi, Y. H. (2014). Induction of apoptosis by a hexane extract of aged black garlic in the human leukemic U937 cells. *Nutrition Research and Practice*, 8(2), 132-137.

- Park, J. H., Park, Y. K., ve Park, E. (2009). Antioxidative and Antigeno-toxic Effects of Garlic (*Allium sativum* L.) Prepared by Different Processing Methods Plant Food. *Hum. Nutr.*, 64, 244-249.
- Park, S. A., Choi, M. S., Jung, U. J., Kim, M. J., Kim, D. J., Park, H. M., Park, Y. B., ve Lee, M. K. (2006). Eucommia ulmoides Oliver Leaf Extract Increases Endogenous Antioxidant Activity in Type - 2 Diabetic Mice , *J. Med. Fodd*, 9, 474 – 479.
- Parker, J. K., Elmore, S., ve Methven, L. (2014). Flavour development, analysis and perception in food and beverages. *Elsevier*, Cambridge, 416.
- Peker, S. (2019). Diyarbakır koşullarında sarımsak yetiştiriciliğinde farklı dikim tarihlerinin hasat, verim ve kalite üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi.
- Pellegrino, L., Van Boekel, M. A. J. S., Gruppen, H., Resmini, P., ve Pagani, M. A. (1999). Heat-induced aggregation and covalent linkages in β -casein model systems. *International Dairy Journal*, 9(3-6): 255-260.
- Pillia, A G. R. (2004). Induction of Apoptosis in Human Lung Cancer Cells by Curcumin. *Cancer Letters*, 208, 163-170.
- Prasad, G., ve Sharma, V. D. (1980). Efficacy of garlic treatment against experimental candidiasis in chicks. *British Vet J*, 136, 448-451.
- Prasad, K., Laxdal, V. A., Yu, M., ve Raney, B. L. (1996). Evaluation of hydroxyl radical-scavenging property of garlic. *Mol. Cell. Biochem.*, 154, 56-63.
- Qiu, Z., Zheng, Z., Zhang, B., Sun-Waterhouse, D., ve Qiao, X. (2020). Formation, nutritional value, and enhancement of characteristic. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1-34.
- Querioz, Y. S., Ishimoto, E. Y., Bastos, D. H., Sampaio, G. R., ve Torres, E. A. (2009). Garlic (*Allium sativum* L.) and Ready-to-Eat Garlic Products: In vitro Antioxidant Activity, *Food Chem.*, 115, 371 – 374.
- Qui, Z. C., Lu, X. M., Li, N. Y., Zhang, M. J., ve Qiao, X. G. (2018). Characterization of Garlic Endophytes Isolated from the Black Garlic Processing. *Microbiology Open*, 7(1), e00574.
- Rabinkov, A., Miron, T., Konstantinovski, L., Wilchek, M., Mirelman, D. ve Weiner, L. (1998). The mode of action of allicin: Trapping of radicals and interaction with thiol containing proteins. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1379, 233–244.
- Rabinowic, H. H. .D., ve Brewster, J. L. (1990). Onion And Allied Crops. Vol I. Botany, Physiology And Genetics. 273, Crc Press. Boca Raton, Florida.
- Raghu, R., Lu, K. H., ve Sheen, L. Y. (2012). Recent Research Progress on Garlic (dà suàn) as a Potential Anticarcinogenic Agent Against Major Digestive Cancers. *Journal of traditional and complementary medicine*, 2(3), 192–201.
- Rahiminejad, A., Tappeh, K. H., Seyyedi, S., ve Mikaili, P. (2018). The In Vitro Effect of Hydroalcoholic Extract of Artemisia absinthium on the Growth of

- Leishmania major (MRHO/IR/75/ER) in Peritoneal Macrophages from BALB/c Mice. *Jundishapur journal of microbiology*, 11(11), e77302.
- Rahman, K., ve Lowe, G. M. (2006). Garlic and cardiovascular disease: a critical review. *J. Nutr.*, 136(3), 736S-740S.
- Rahman, M., S. (2007). Allicin and Other Functional Active Components in Garlic: Health Benefits and Bioavailability. *Int. J. Food Prop.*, 10(2), 245–268.
- Ramakrishnan, V., Chintalwar, G. J., ve Banerji, A. (1989). Environmental persistence of diallyl disulphide, an insecticidal principle of garlic and its metabolism in mosquitoes. *Chemosphere*, 18, 1525-1529.
- Rao, M., Palada, M. C. R., ve Becker, B. N. (2004). Medicinal and Aromatic Plants in Agro-forestry Systems. *Agroforest Syst.*, 61, 107–122.
- Raposo De Magalhães, C. S. F., Cerqueira, M. A. C., Schrama, D., Moreira, M. J. V., Boonanuntanasarn, S., ve Rodrigues, P. M. L. (2020). A Proteomics and other Omics approach in the context of farmed fish welfare and biomarker discovery. *Reviews in aquaculture*, 12(1), 122-144.
- Rasul Suleria, H. A., Sadiq Butt, M., Muhammad Anjum, F., Saeed, F., Batool, R., ve Nisar Ahmad, A. (2012). Aqueous garlic extract and its phytochemical profile; special reference to antioxidant status. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(4), 431–439.
- Rayman, M. P. (2012). Selenium and Human Health. *The Lancet*, 378(9822): 1256-1268.
- Resende Nassur, R. De Vilas Boas, E., ve Resende, F. (2018). Black garlic: Transformation effects, characterization and consumer purchase intention. *Comunicata Scientiae*, 8(3), 444-451.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., ve Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds, *Trends in Plant Science*, 2, 152-159.
- Ried, K., Frank, O. R., ve Stocks, N. P. (2013). Aged garlic extract reduces blood pressure in hypertensives: a dose–response trial. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(1): 64-70.
- Rios-Rios, K. L., Montilla, A., Olano, A., ve Villamiel, M. (2019). Physicochemical changes and sensorial properties during black garlic elaboration: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 88, 459- 467.
- Ritota, M., Casciani, L., Han, B. Z., Cozzolino, S., Leita, L., Sequi, P., ve Valentini, M. (2012). Traceability of Italian garlic (*Allium sativum* L.) by means of HRMAS-NMR spectroscopy and multivariate data analysis. *Food Chemistry*, 135(2), 684–693.
- Ross, Z. M., Ogara, E. A., Hill, D. J., Sleightholme, H. V., ve Maslin, D. J. (2001). Antimicrobial properties of garlic oil against human enteric bacteria: evaluation of methodologies and comparisons with garlic oil sulfides and garlic powder. *Am. Soc. Mic.*, 67(1), 475-480.

- Rybak, M. E., Calvey, E. M., ve Harnly, J. M. (2004). Quantitative determination of allicin in garlic: Supercritical fluid extraction and Standard addition of Alliin. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 682-687.
- Ryu, J. H., ve Kang, D. (2017). Physicochemical Properties, Biological Activity, Health Benefits and General Limitations of Aged Black Garlic. *A Review Molecules*, 22(6), 919.
- Sadikovic, B., ve Rodenhiser, D., I. (2006). Benzopyrene Exposure Disrupts DNA Methylation and Growth Dynamics in Breast Cancer Cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 216(3), 459-468.
- S.T.B. (2020). T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. Tunceli İli Tunceli Sarımsağı Yetiştiriciliği, Ön Fizibilite Raporu. <https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/fizibiliteler/tunceli-sarimsagi-yetistirciligi-on-fizibilite-raporu2020.pdf> . Erişim tarihi: 10.04.2023.
- Saeed, F., Afzaal, M., Raşit, R., Huseyin, M., Aamir, M., ve Huseyin, Ş. (2021). Nutritional, Biological and Therapeutic Properties of Black Garlic : A Critical Review, 24(1), 1387-1402.
- Sahidur, M., R., Islam S., and Jahurul, M. H. A. (2023). Garlic (*Allium sativum* L.) as a natural antidote or a protective agent against diseases and toxicities: A critical review, 3, 100353.
- Sakar, M. K., ve Tanker, M. (1991). Fitokimyasal Analizler.Tanım, Miktar Tayini ve İzolasyon. Ankara.
- Saldamlı, I. (2007). Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 463-492.
- Santos, O. S., ve Johns, R. A. (1995). Effects of Garlic Powder and Garlic Oil Preparations on Blood lipids, Blood Pressure and Well-being. *Br. J. Clin. Res.*, 6, 91-100.
- Sanz, M. L., Del Castillo, M. D., Corzo, N., and Olano, A. (2001). Formation of Amadori compounds in dehydrated fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(11), 5228–5231.
- Saravanan, G., Ponmurugan, P., Kumar, G. S., ve Rajarajan, T. (2010). Antidiabetic effect of S-allylcysteine: Effect on plasma and tissue glycoproteins in experimental diabetes. *Phytomedicine*, 17(14), 1086-1089.
- Sasaki, J. I., Lu, C., Machiya, E., Tanahashi, M.,ve Hamada, K. (2007). Processed black garlic (*Allium sativum*) extracts enhance anti-tumor potency against mouse tumors. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 1(2), 278–281.
- Sato, E., Kohno, M., Hamano H., ve Niwano, Y. (2006). Increased Antioxidative Potency of Garlic by Spontaneous Short-Term Fermentation. *Plant food human nutrition*, 61, 157-160.
- Saxena, M., Saxena, J., ve Pradhan, A. (2012). Flavonoids and phenolic acids as

- antioxidants in plants and human health. *International journal of pharmaceutical sciences review and research*, 16(2), 130–134.
- Scheffler, L., Sauermann, Y., Zeh, G., Hauf, K., Heinlein, A., Sharapa, C., ve Buettner, A. (2016). Detection of volatile metabolites of garlic in human breast milk. *Metabolites*, 6(2), 18.
- Seo, Y. J., Gweon, O. C., Lee, Y. M., Kang, M. J., ve Kim, J. I. (2009). Effect of garlic and aged black garlic on hyperglycemia and dyslipidemia in animal model of type 2 diabetes mellitus. *Journal of Food Science and Nutrition*. 14, 1-7.
- Sermenli, M. H. (2006). Farklı Yöntemlerle Elde Edilmiş Sarımsak (*Allium sativum* L.) ekstraktlarının Antimutagenik Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi.
- Setiyoningrum, F., Priadi, G., Afiati, F., Herlina, N., ve Solikhin, A. (2021). Composition of Spontaneous Black Garlic Fermentation in a Water Bath, *Food Sci. Technol*, 41(2).
- Severin, I., Dumont, C., Jondeau-Cabaton, A., Graillot, V., ve Chagnon, M. C. (2010). Genotoxic Activities of the Food Contaminant 5-Hydroxymethylfurfural Using Different in vitro Bioassays. *Toxicology Letters*, 192(2), 189-194.
- Sevim, A. M. (2021). Değişik Sarımsak Formatlarının Yoğurt Üretiminde Laktik Asit Bakterileri ile Küf ve Maya Gelişimi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Shahidi, F., Janitha, P. K., ve Wnasundara, P. D. (1992). Phenolic Antioxidants. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.*, 32(1), 67-103.
- Shahidi, F., ve Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*. *Journal Function of Food*, 18, 757-781.
- Shang, A., Cao, S. Y., Xu, X.Y., Gan, R. Y., Tang, G. Y., Corke, H., Mavumengwana, V., and Li, H. B. (2019). Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). *Foods*, 8(7), 246.
- Sharma, A. K., Munajjam, A., Vaishnav, B., Sharma, R., Sharma, A., Kishore, K., ve Agarwal, S. S. (2012). Involvement of adenosine and standardization of aqueous extract of garlic (*Allium sativum* L.) on cardioprotective and cardiodepressant properties in ischemic preconditioning and myocardial ischemia-reperfusion induced cardiac injury. *Journal of Biomedical Research*, 26(1), 24-36.
- Sim, H. J., Seo, W. T., Choi, M. H., Kim, K. H., Shin, J. H., ve Kang, M. J. (2016). Quality Characteristics of Vinegar Added with Different Levels of Black Garlic. *Korean J Food Sc. Technol.*, 32(1), 16–26.
- Simin, N., Orcic, D., Cetojevic-Simin, D., Mimica-Dukic, N., Anackov, G., Beara, I., ve Bozin, B. (2013). Phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activities of small yellow onion (*Allium flavum* L. *subsp. flavum*,

- Alliaceae*). *LWT-Food Science and Technology*, 54(1), 139-146.
- Sivam, G. P. (2001). Protection against *Helicobacter pylori* and other bacterial infection by garlic. *Am. Society for Nutr. Scien.*, 131, 1106S-1108S.
- Sivam, G. P., Lampe, J. W., Ulness, B. Swanzy, S. R., ve Potter, J. D. (1997). *Helicobacter pylori*—in vitro susceptibility to garlic (*Allium sativum*) extract. *Nutr. Cancer*, 27(2), 118-21.
- Soffar, S. A., ve Mokhtar, G. M. (1991). Evaluation of the antiparasitic effect of aqueous garlic (*Allium sativum*) extract in hymenolepiasis nana and giardiasis. *J. Egypt Soc. Parasitol*, 21(2), 497-502.
- Sokmen, A., Jones, B., ve Erturk, M. (1999). The in vitro Antibacterial Activity of Turkish Medicinal Plants, *Journal of Ethnopharmacology*, 67(1), 79-86.
- Song, H., ve Liu, J. (2018). GC-O-MS technique and its applications in food flavor analysis. *Food Research International*, 114, 187-198.
- Stoll, V. A., ve Seebeck, E. (1948). Allium compounds. I. Allin, the true mother compoun of garlic oil. *Helvatica Chimica Acta*, 31(1), 189-210.
- Sun , X., Zhu, S., Li, N., Zhao, J., Qiao, Lu, L., Liu, S., Wang, Y., Liu, C., Li, B., Guo, W., Gao, S., Yang, Z., Li, F., Zeng, Z., Tang, Q., Pan, Y., Guan, M., Zhao, J., Lu, X., Meng, H., Han, Z., Gao, C., Jiang, W., Zhao, X., Tian, S., Su, J., ve Liu, T. (2020). A Chromosome-Level Genome Assembly of Garlic (*Allium sativum* L.) Provides Insights into Genome Evolution and Allicin Biosynthesis, *Molecular plant*, 13(9), 1328-1339.
- Sun, Y. E., ve Wang, W. D. (2018). Changes in Nutritional and Bio-functional Compounds and Antioxidant Capacity during Black Garlic Processing. *J. Food Sci. Tech. MYS.*, 55(2), 479–488.
- Suru, S. M. (2008). Onion and Garlic Extracts Lessen Cadmium-Induced Nephrotoxicity in Rats, *Biometals Journal*, 21, 623-633.
- Szabo, M. R., Idrîoiu, C., Chambre, D., and Lupea, A. X. (2007). Improved DPPH determination for antioxidant activity spectrophotometric assay. *Chemical Papers*, 61(3), 214–216.
- Şaşmaz K. H. (2021). Taze ve Siyah Sarımsaklardaki Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi ve Biyoaktif Bileşiklerinin Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi,.
- Şat, I., G., and Binico, H. I. (2023). A new functional food: Black (fermented) garlic. *Food Science and Engineering Research*, 2(1), 1-5
- Şehitoğlu, H. M., Karakan, Y. F., Kızılkaya, B., Özlem, R., ve Gülçin, İ. (2018). *Allium tuncelianum* ((Kollman) Özhatay, Matthew & Şiraneci) ve *Allium sativum* L. nın Antioksidan Özelliklerinin ve Biyoaktif Bileşimlerinin İncelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Journal of the Institute of Science and Technology* 8(4), 213-221.
- Takım, K. (2020). Tunceli Dağ Sarımsağı (*Allium Tuncelianum*)'nın farklı

ekstraksiyonlarında LC- MS/MS ile fenolik bileşik miktarlarının karşılaştırılması, *Harran Tarım ve Gıda Bilim Der.*, 24(1), 44-52.

- Takım, K., Kutlu, T., Karaaslan, G. M., ve Yılmaz, A. M. (2018). Tunceli Dağ Sarımsağının (*Allium tuncelianum*) Rat Kalp Dokusu Antioksidan Enzim Düzeylerine Etkisi ve Fenolik Bileşenlerinin Karakterizasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(5), 632-643.
- T.M.P.K. (2020). Türk Patent ve Marka Kurumu. 'Araban Sarımsağı'. <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/8feca4b6-cbf3-4431-bdf7-bf43ccd20339.pdf>. Erişim tarihi: 03.06.2023.
- Tahir, Z., Saeed, F., Nosheen, F., Ahmed, A., ve Anjum, F. M. (2022). Comparative study of nutritional properties and antioxidant activity of raw and fermented (black) garlic. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 116-127.
- Takım, K. (2015). "Tunceli Dağ sarımsağının (*Allium tuncelianum*) in vitro antioksidan kapasitesinin ölçülmesi, ratlarda antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etki ve antikanser özelliğinin belirlenmesi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Malatya, 97s.
- Taşkın, R., Özgen, U., Babacan, M., Tuncel, E., ve Koyuncu, M. (1997). A Comparative Study on Antimicrobial Activities of Garlic And Some Allium Species, *Journal of Faculty Of pharmacy of Ankara University*, 26(2), 72-82.
- T.P.M.K. (2018). Türk Patent ve Marka Kurumu. 'Tunceli Sarımsağı'. <https://mobil.tobb.org.tr/DuyuruResimleri/2684-1.pdf> . Erişim tarihi: 09.04.2023.
- Taglizucchi, D., Verzelloni, E., ve Conte, A. (2005). Effect of Some Phenolic Compounds and Beverages on Pepsin Activity during Simulated Gastric Digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8706-8713.
- Tijks, L. M. M., Barringer, S. A. ve Biekman, E. S. A. (2001). Modelling the effect of pH on the color degradation of blanched broccoli. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2, 315–322.
- Tokarska, B., ve Karwowska, K. (1983). The role of sulphur compounds in evaluation of flavouring value of some plant raw materials. *Food/Nahrung*, 27(5), 443-447.
- Toledano - Medina, M. A., Pérez-Aparicio, J., Morenorojas, R., ve Merinas-Amo, T. (2016). Evolution of Some Physicochemical and Antioxidant Properties of Black Garlic Whole Bulbs and Peeled Cloves. *Food Chem.*, 199, 135–139.
- Torres-Palazzolo, C., Ramirez, D., Locatelli, D., Manucha, W., Castro, C., ve Camargo, A. (2018). Bioaccessibility and permeability of bioactive compounds in raw and cooked garlic. *Journal of Food Composition and Analysis*, 70, 49-53.
- Tran, G., B., Dam, S., M., and Le, N. T. T. (2018). Amelioration of Single Clove Black Garlic Aqueous Extract on Dyslipidemia and Hepatitis in Chronic

Carbon Tetrachloride Intoxicated Swiss Albino Mice. *Inter. J. Hepato*, 1–9.

- Tresserra-Rimbau, A., Rimm, E. B., Medina-Remón, A., Martínez-González, M. A., De La Torre, R., Corella, D., Salas-Salvadó, J., Gómez-Gracia, E., Lapetra, J., Arós, F., Fiol, M., Ros, E., Serra-Majem, L., Pintó, X., Saez, G. T., Basora, J., Sorli, J. V., Martínez, J. A., Vinyoles, E., ve Ruiz-Gutiérrez, V. (2014). Inverse association between habitual polyphenol intake and incidence of cardiovascular events in the PREDIMED study. Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: *NMCD*, 24(6): 639–647.
- Tsiaganis, M. C., Laskari, K., ve Melissari, E. (2006). Fatty Acid Composition of Allium Species Lipids. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7): 620-627.
- Tsubura, A., Lai, Y. C., Kuwata, M., Uehara, N., ve Yoshizawa, K. (2011). Anticancer Effects of Garlic and Garlic-derived Compounds for Breast Cancer Control. *Anti-Cancer Agents In Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*, 11(3), 249-253.
- Turfan, N., Kurnaz, A., Alay, M., ve Sarıyıldız, T. (2016). Farklı Koşullarda Saklanan Taşköprü Sarımsağında Bazı Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 427-437.
- Turkmen, N., Sarı, F., Poyrazoglu, E. S. Y., ve Velioglu, Y. S. (2006). Effects of Prolonged Heating on Antioxidant Act,v,ty and Colour of Honey. *Food Chemistry*, 95, 653-657.
- Türkben, C., ve Uylaşer, V. (2018). Türkiye’de Farklı Lokasyonlarda Üretilen Pekmezin (Üzüm pekmezi) Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Bahçe, Bağcılık Sempozyumu Özel Sayı*, 131-139 .
- Ugur, Y., Karaaslan-Ayhan, N., Icen, M. S., Bicim, T., Erdogan, S., ve Yaman, M. (2021). Determination of fatty acids in Allium tuncelianum (Tunceli garlic) by gas chromatography with flame ionization detection (GC-FID). *Instrumentation Science & Technology*, 50(3), 233-239.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao., L., ve Oomah, B. D. (1998). Antioxidant activity and total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 20-24.
- Vhangani, L. N., ve Van Wyk, J. (2016). Antioxidant activity of Maillard reaction products (MRPs) in a lipid-rich model system. *Food Chemistry*, 208, 301 308.
- Vrzal, T., ve Olšovská, J. (2019). Sensomics-basic principles and practice. *Kvasny prumysl*, 65(5), 166-173.
- Vural, H., Eşiyok, D., ve Duman, İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bornova, İzmir, s. 42-51.
- Wahyuningsih, S., Wulandari, L., Wartono, M. W., Munawaroh, H., ve Ramelan, A. H. (2016). The effect of pH and color stability of anthocyanin on food colorant. IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering, International Conference on Food Science and Engineering*, October 18-19,

Srukarta, Indonesia, 193, 012047.

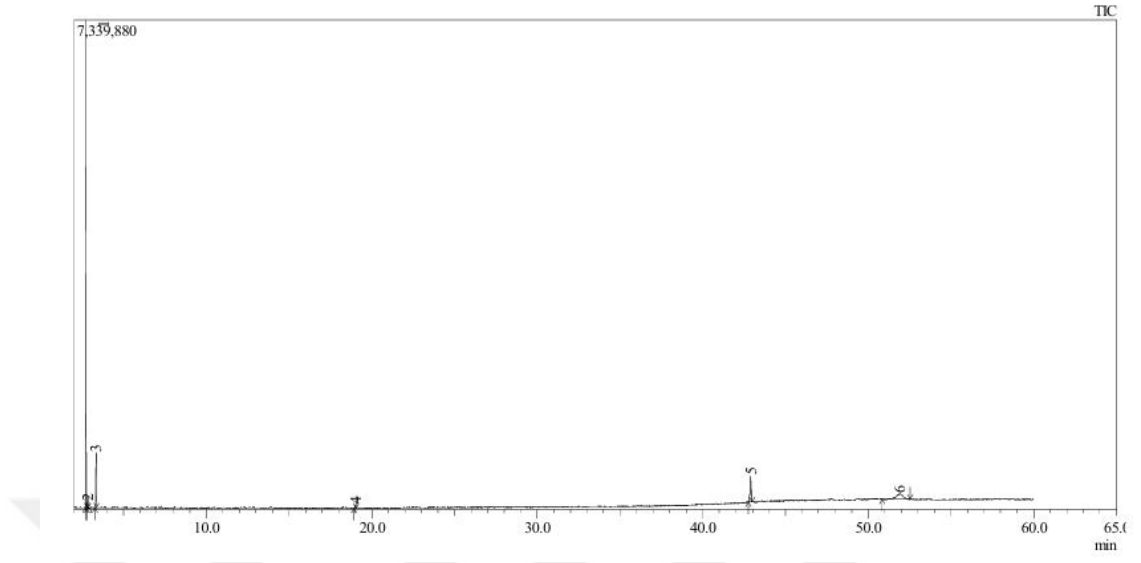
- Wang, H. Y., Qian, H., ve Yao, W. R. (2011). Melanoidins produced by the Maillard reaction: Structure and biological activity. *Food Chemistry*, 128, 573–584.
- Wang, J., Yoo, J. S., Jang, H. D., Lee, J. H., Cho, J. H., ve Kim, H. (2011). Effect of Dietary Fermented Garlic by *Weissella koreensis* Powder on Growth Performance, Blood Characteristics and Immune Response of Growing Pigs Challenged with *Escherichia coli* Lipopolysaccharide. *Journal of Animal Science*, 89(7), 2123-2131.
- Wang, X., Liu, R., Yang, Y., ve Zhang, M. (2015). Isolation, Purification and Identification of Antioxidants in an Aqueous Aged Garlic Extract. *Food Chem.* 187, 37–43.
- Weber, N. D., Andersen, D. O., North, J. A., Murray, B. K., Lawson, L. D., ve Hughes, G. B. (1992). In vitro virucidal effects of *Allium sativum* (garlic) extract and compounds. *Planta Med.*, 58(5), 417-423.
- Wei, Z., ve Lau, B. H. S. (1998). Garlic inhibits free radical generation and augments antioksidant enzyme activity in vascular endothelial cells. *Nutrition Research*, 18(1), 61-70.
- Xiaoming, L., Ninyang, L., Xuguang, Q., Zhichang, Q., ve Pengli, L. (2018). Effects of Thermal Treatment on Polysaccharide Degredation During Black Garlic Processing, *LTW – Food Sci. Technol.*, 95, 223 – 229.
- Xing, L. H., Shin, Y. T., Mei, Y. N., Wei, N. L., Aileen, L., ve Wai, M. L. (2016). Aged Garlic Supplement Protects Against Lipid Peroxidation in Hypercholesterolemic Individuals, *Journal Of Medicinal Food*, 19(10), 931 – 937.
- Xuguang, Q., Ningyang, L., ve Xiaoming, L. (2014). Effect of Freezing Pretreatment on the Processing Time and Quality of Black Garlic, *Journal of Food Engineering*, 38(4), 329 – 335.
- Yamasaki, T., Lin, L., ve Lau, B. H. S. (1994). Garlic compounds protect vascular endothelial cells from hydrojen peroxide-induced oxidant Injury. *Phytoteraphy Res.*, 8, 408-412.
- Yang, P., Song, H., Wang, L., ve Jing, H. (2019). Characterization of key aroma-active compounds in black garlic by sensory-directed flavor analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(28), 7926-7934.
- Yang, P., Song, H., Wang, L., ve Jing, H. (2019). Characterization of key aroma-active compounds in black garlic by sensory-directed flavor analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(28), 7926-7934.
- Yanmaz, R., ve Ermiş, S. (2005). Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum* Kollman, Özhatay,. Matthew, Şiraneci) tohumlarındaki çimlenme probleminin çözülmesi üzerine araştırma. *Türkiye 2. Tohumculuk Kongresi*, Adana, Türkiye, 101-106.

- Yanovski, S. Z., ve Yanovski, J. A. (2002). Obesity. *N. Engl. J. Med.*, 346(8), 591e602.
- Yarnell, E. (1999). Garlic (*Allium sativum*). *Altern Complement Ther.*, 24, 35-43.
- Yashin, A., Yashin, Y., Xia, X., ve Nemzer, B. (2017). Antioxidant Activity of Spices and Their Impact on Human Health: A Review. *Antioxidants*, 6(3), 70.
- Yetim, H. (2001). Gıda Analizleri (Ders Notu), Atatürk Üniversitesi Ofset Tesisi, Erzurum, 161s.
- Yıldız, H., Binici, S., Şan, B., Yıldırım, F., ve Telci, İ. (2022). Tunceli Sarımsağı (*Allium tuncelianum*) Tohumlarının In Vitro Koşullarda Çimlendirilmesi ve Bitki Gelişimi Üzerine GA₃ Uygulamalarının Etkisi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(3), 689-695.
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., ve Kolaylı, S. (2010). Maillard Reaksiyonu ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi, 8(6), 44-51.
- Yılmaz, Y., ve Toledo, R. (2005). Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products. *Food Chemistry*, 93, 273-278.
- Yin, M. C., Hwang, S. W., ve Chan, K. C. (2002). Nonenzymatic antioxidant activity of flour organokükürt compounds derived from garlic. *Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6143-6147.
- Yogurtcu, H. (2016). Determination of Drying Kinetics of Tunceli Garlic with Microwave Drying Technique. *Tarım Bilim Dergisi*, 22(2), 237-248.
- Yoo, J. M., Sok, D. E., ve Kim, M. R. (2014). Antiallergic Action of Aged Black Garlic Extraction in RBL-2H3 cells and Passive Cutaneous Anaphylaxis Reaction in Mice. *Journal of Medicinal Food*, 17(1), 92-102.
- Yoo, M., Lee, S., Kim, S., Hwang, J. B., Choe, J., ve Shin, D. (2014). Composition of organosulfur compounds from cool-and warm-type garlic (*Allium sativum* L.) in Korea. *Food Science and Biotechnology*, 23, 337-344.
- Yoshida, H., Iwata, N., Katsuzaki, H., Naganawa, R., Ishikawa, K., Fukuda, H., Fujino, T., ve Suzuki, A. (1998). Antimicrobial activity of a compound isolated from an oil-macerated garlic extract, *Biosci Biotech Biochem*, 62, 1014-1017.
- Yousuf, S., Ahmad, A., Khan, A., Manzoor, N., ve Khan, L. A. (2011). Effect of garlic-derived allyl sulphides on morphogenesis and hydrolytic enzyme secretion in *Candida albicans*. *Medical mycology*, 49(4), 444-448.
- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., ve Wang, J. (2015). An analysis of the changes on intermediate products during the thermal processing of black garlic. *Food Chem.*; 23, 56-61.
- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., ve Wang, J. (2018). An analysis of the changes on intermediate products during the thermal processing of black garlic. *Food Chemistry*, 23, 56-61.

- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., ve Wang, J. (2016). The Comparison of the Contents of Sugar, Amadori, and Heyns Compounds in Fresh and Black Garlic. *Journal of Food Science*, 81(7), 1662-8.
- Yumurtaş, Ö., Saygıdeğer-Demirörs, S., ve Doğan, M. (2009). The in vitro Antioxidant Activity of *Allium tuncelianum*: An endemic. *Journal of Applied Biological Sciences*, 3(3), 61-64.
- Yüksel, H. P. (2022). Modifiye Atmosfer İşleminin Yöresel Olarak Tüketilen Kunkor Mantarı *Pleurotus eryngii* var. *ferulae*) ve Tunceli Sarımsağı (*Allium tuncelianum*) 'nın Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Munzur Üniversitesi, Atatürk Üniversitesi.
- Yünlü, S. (2011). Determination of Phenolic Compounds in Onion (*Allium Cepa*) and Garlic (*Allium Sativum*) By HPLC Method. SDÜ. Fen Bil. Ens., Kimya ABD, Yüksek Lisans Tezi, 101 s.
- Zamora, R., ve Hidalgo, F. J. (2005). Coordinate Contribution of Lipid Oxidation and Maillard reaction to the Nonenzymatic Food Browning. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(1), 49-59.
- Zhang, J., Sun, Y., Guan, X., Qin, W., Zhang, X., Ding, Y., Yang, W., Zhou, J., ve Yu, X. (2022). Characterization of key aroma compounds in melon spirits using the sensomics concept. *LWT*, 161, 113341.
- Zhang, W., Yang, R., Fang, W., Yan, L., Lu, J., Sheng, J., ve LV, J. (2016). Characterization of Thermophilic Fungal Community Associated with Pile Fermentation of Pu-erh tea. *International Journal of Food Microbiology*, 227, 29-33.
- Zhang, X. Y., Li, N. Y., Lu, X. M., Liu, P. L., ve Qiao, X. G. (2016). Effects of Temperature on the Quality of Black Garlic. *J. Sci. Food Agric.*, 96(7), 2366-2372.
- Zhang, Z., Lei, M., Liu, R., Gao, Y., Xu, M., ve Zhang, M. (2015). Evaluation of alliin, saccharide contents and antioxidant activities of black garlic during thermal processing. *Journal of Food Biochemistry*, 39, 39-47.
- Zhang, Z. Y., Yang, X. J., Zhang, J. S., ve Zhang, W. Y. (2012). Identification of volatile compounds in fermented black garlic by GC-MS. *China Condiment*, 37, 74-76.
- Zhao, L., Chen, J., Su, J., Li, L., Hu, S., Li, B., Zhang, X., Xu, Z., ve Chen, T. (2013). In Vitro Antioxidant and Antiproliferative Activities of 5-Hydroxymethylfurfural. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(44), 10604-11.
- Zor, T. T. (2006). Kastamonu Sarımsağının (*Allium sativum* L.) Allicin ve Alliin İçeriğinin HPLC ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.

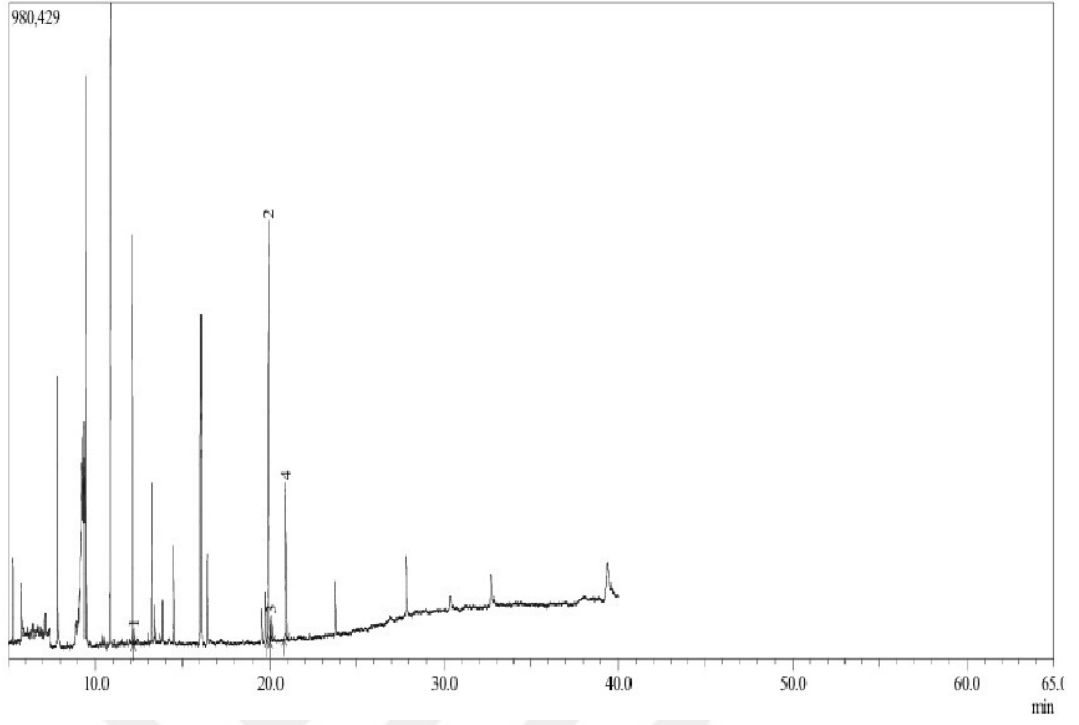
EKLER

EK 1



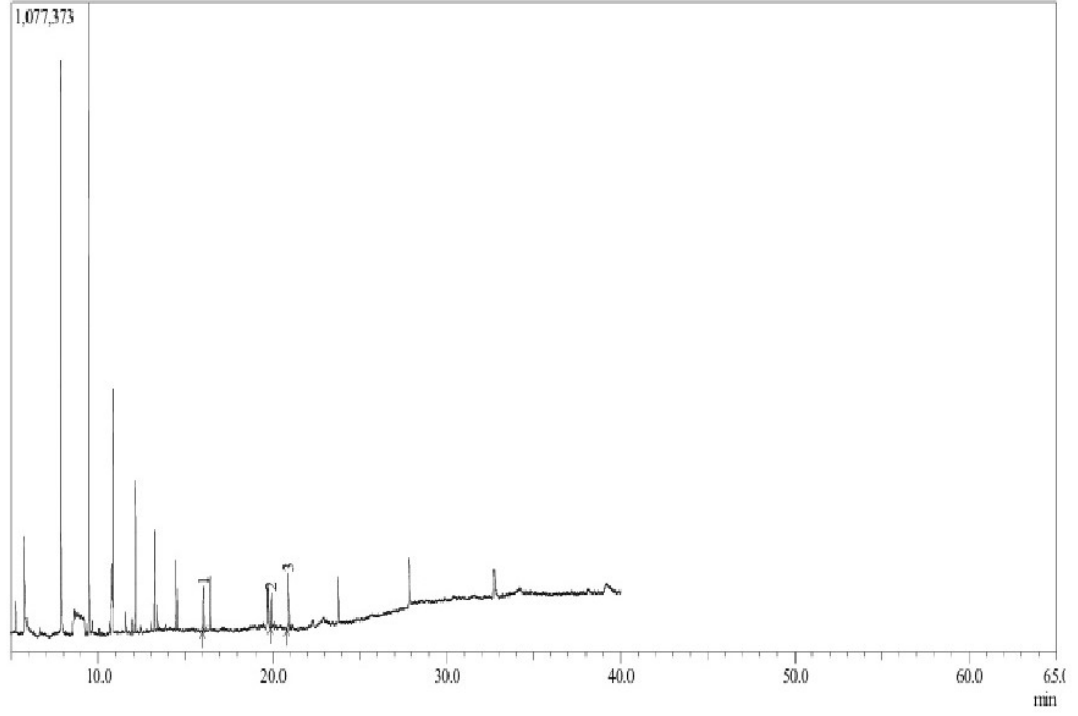
Taze Araban Sarımsağı Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



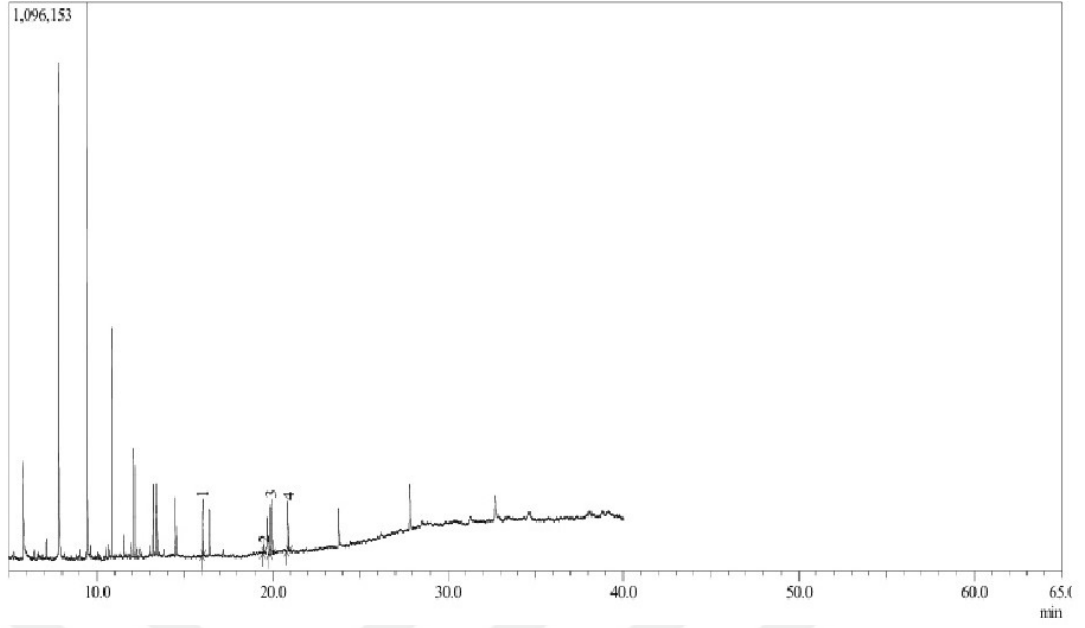
Taze Araban Sarımsağı Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



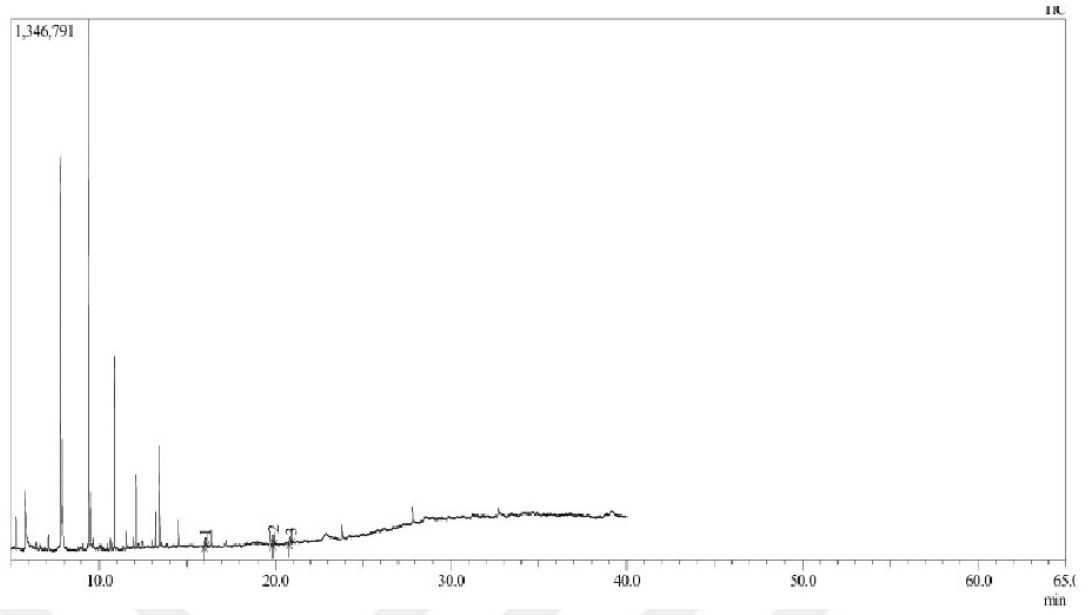
Siyah Araban Sarımsağı 65°C 0. ay Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



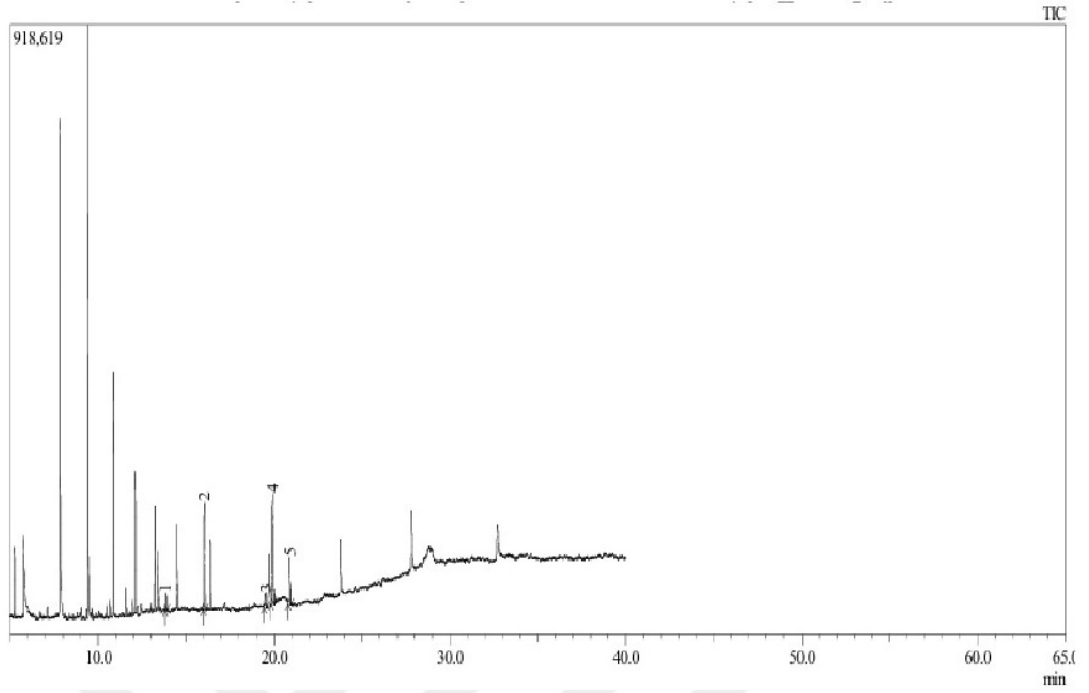
Siyah Araban Sarımsağı 65°C 3. ay Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



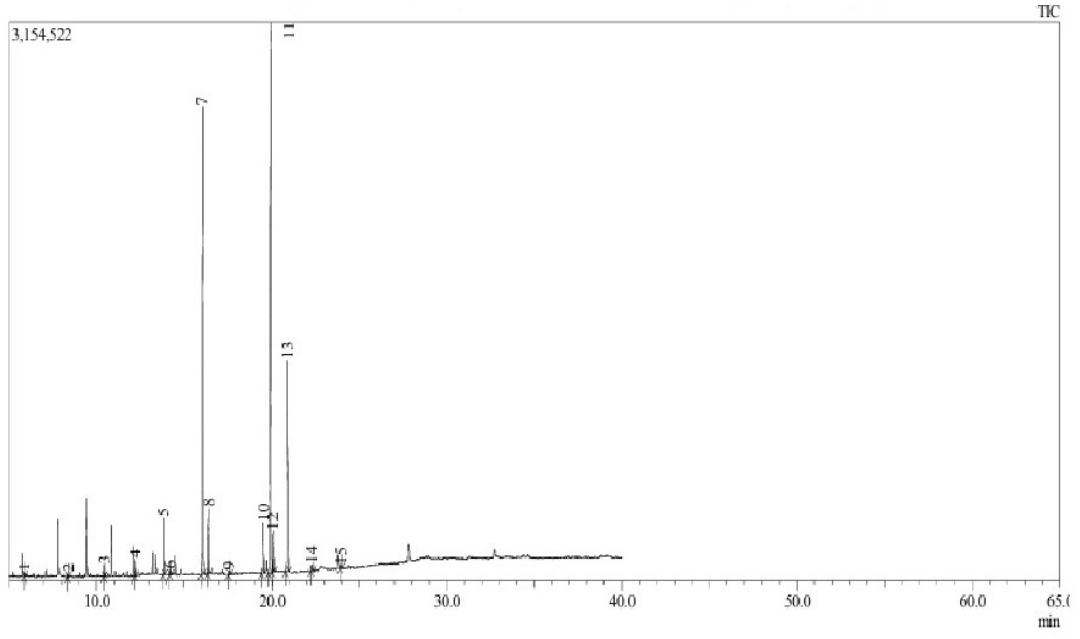
Siyah Araban Sarımsağı 80°C 0. ay Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



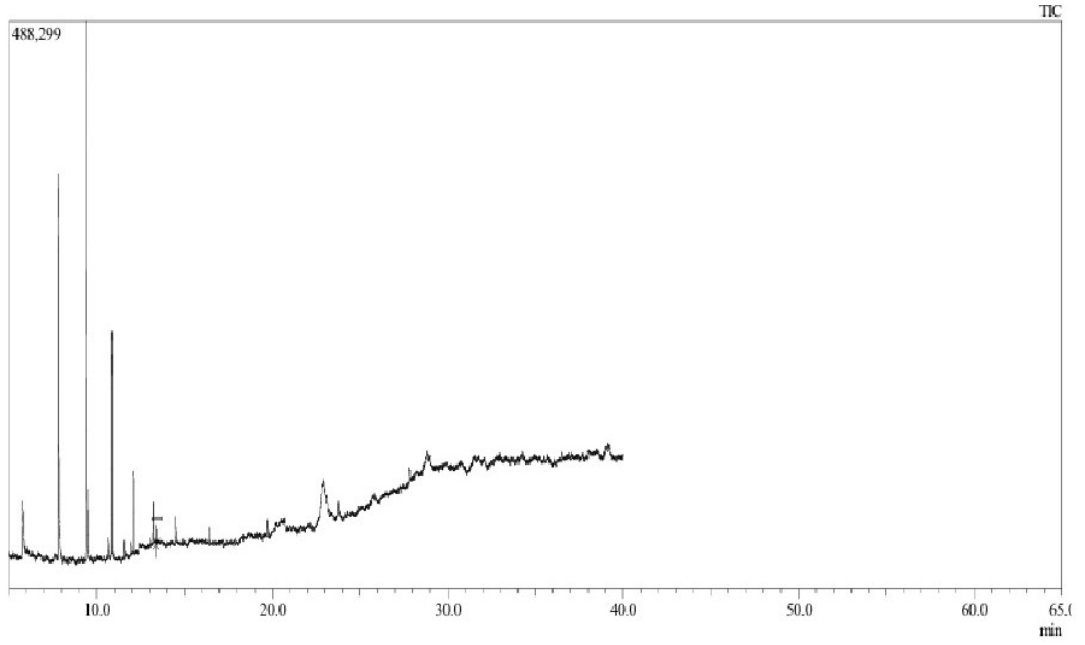
Siyah Araban Sarımsağı 80°C 3. ay Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



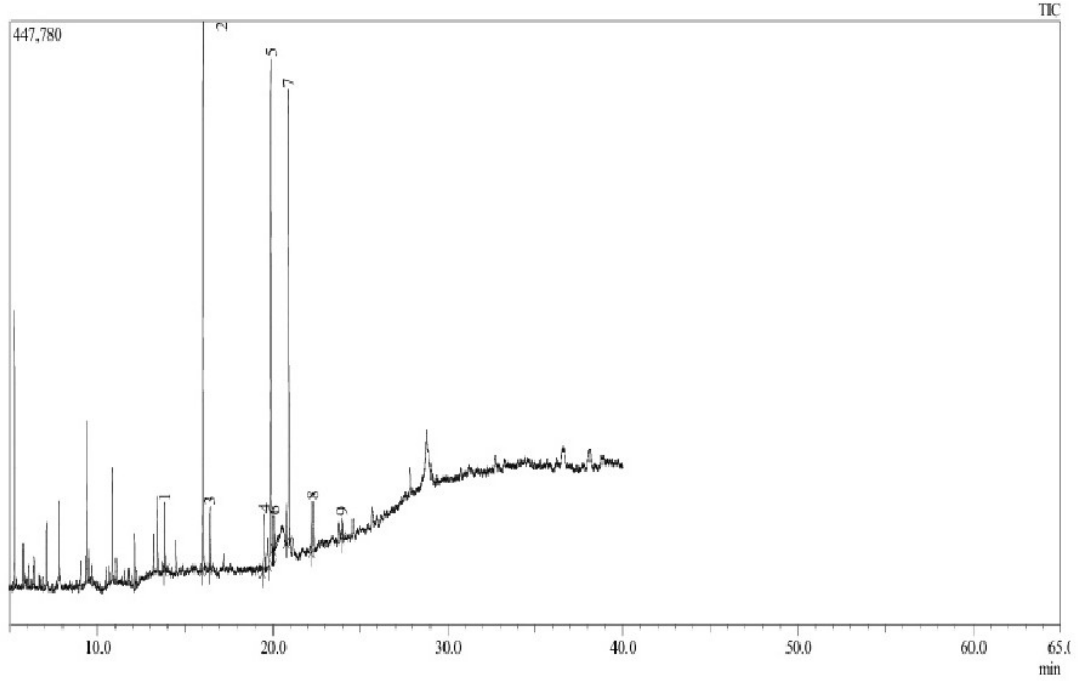
Taze Tunceli Sarımsağı Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



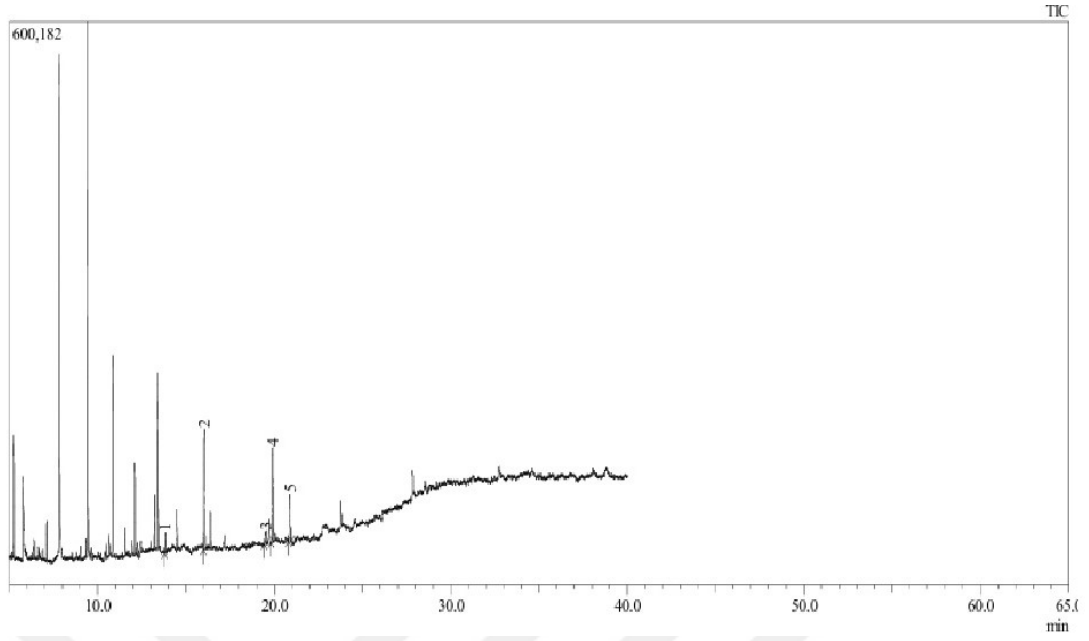
Siyah Tunceli Sarımsağı 65°C 0. ay Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



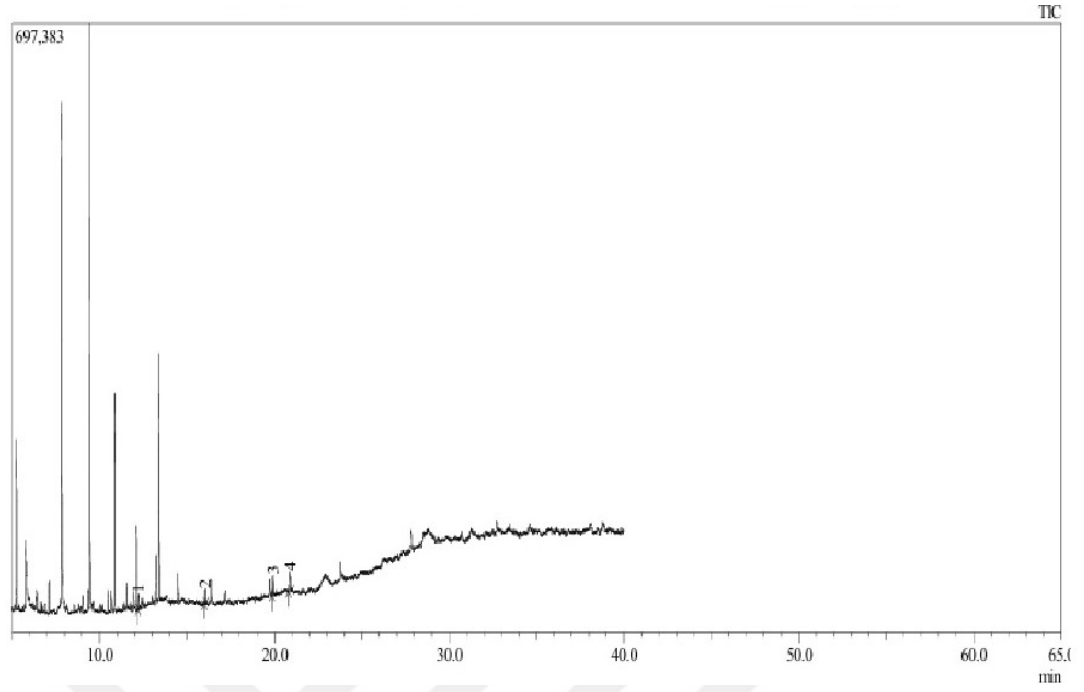
Siyah Tunceli Sarımsağı 65°C 3. ay Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



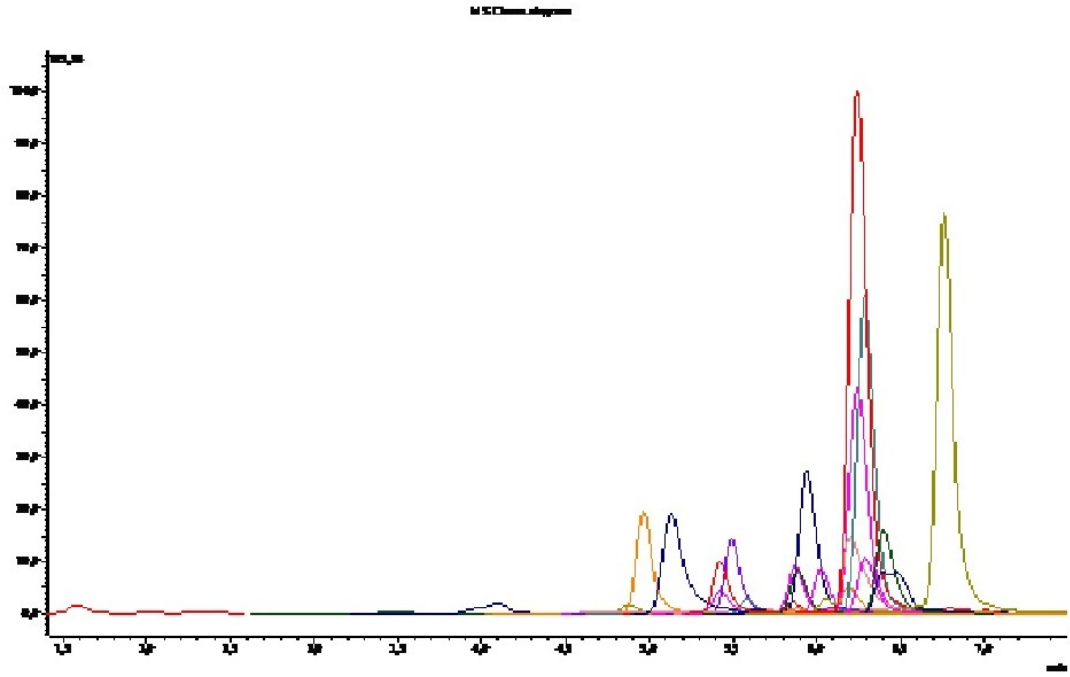
Siyah Tunceli Sarımsağı 80°C 0. ay Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



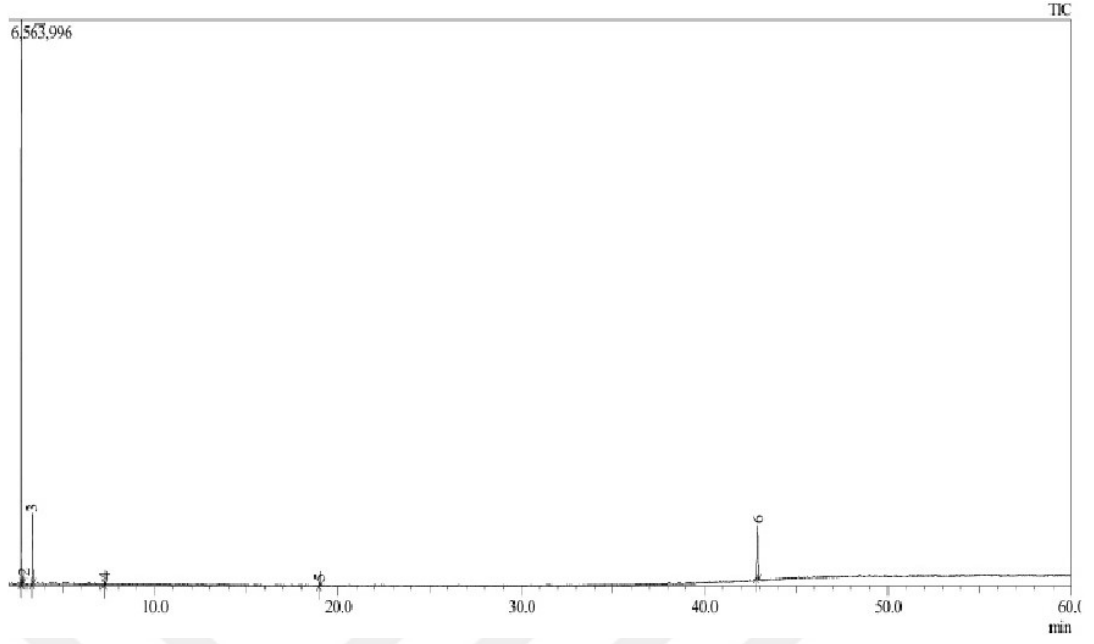
Siyah Tunceli Sarımsağı 80°C 3. ay Yağ asitleri Kromatogram

EK 1



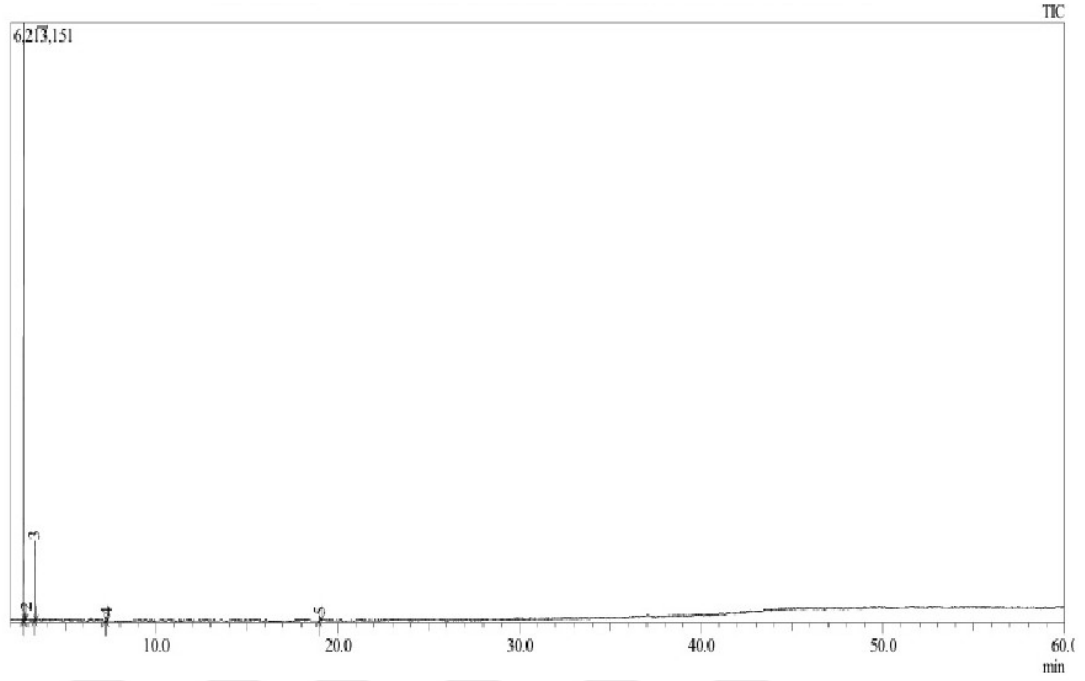
Taze ve siyah sarımsakların Fenolik madde fraksiyonlarına ait GC/MS
Kromatogramı

EK 1



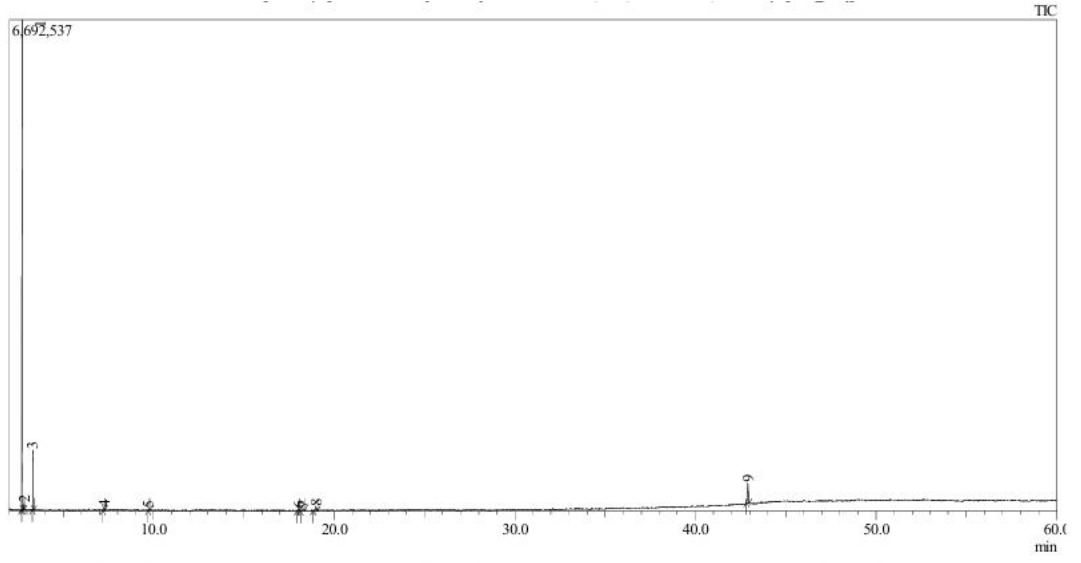
Siyah Araban Sarımsağı 65°C 0. ay Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



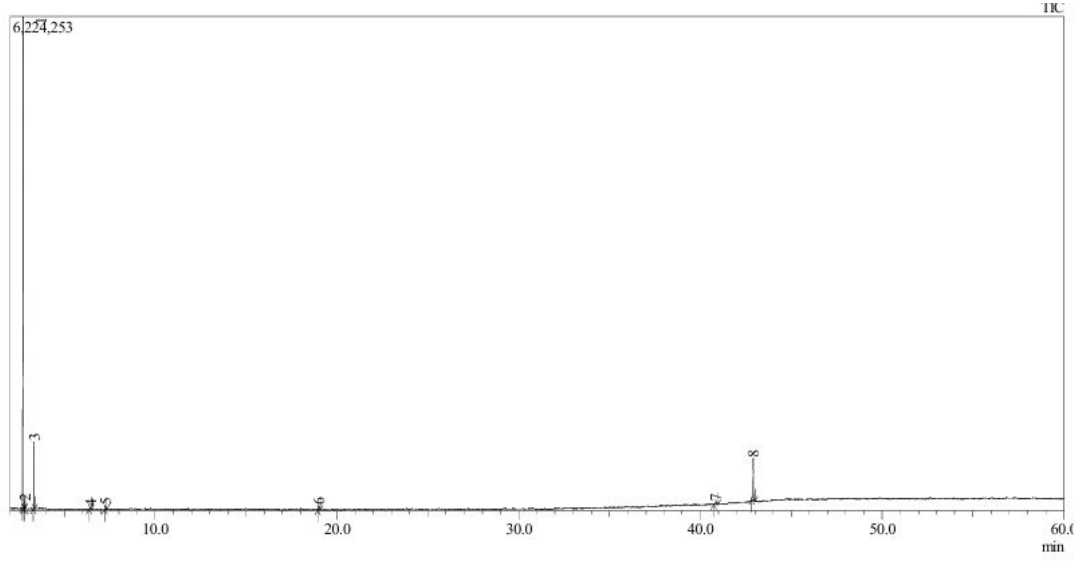
Siyah Araban Sarımsağı 65°C 3. ay Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



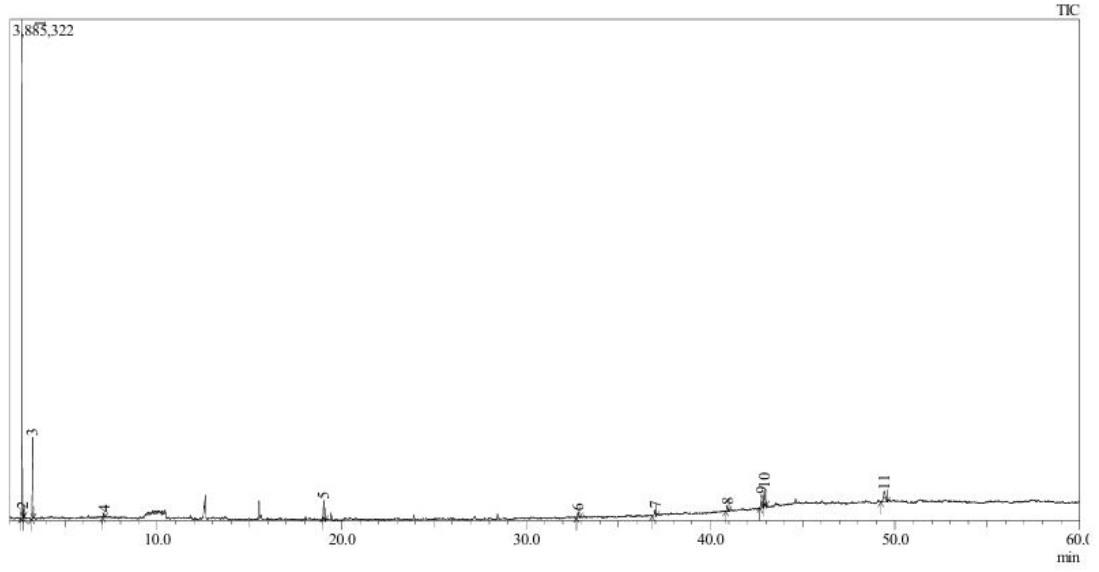
Siyah Araban Sarımsağı 80°C 0.ay Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



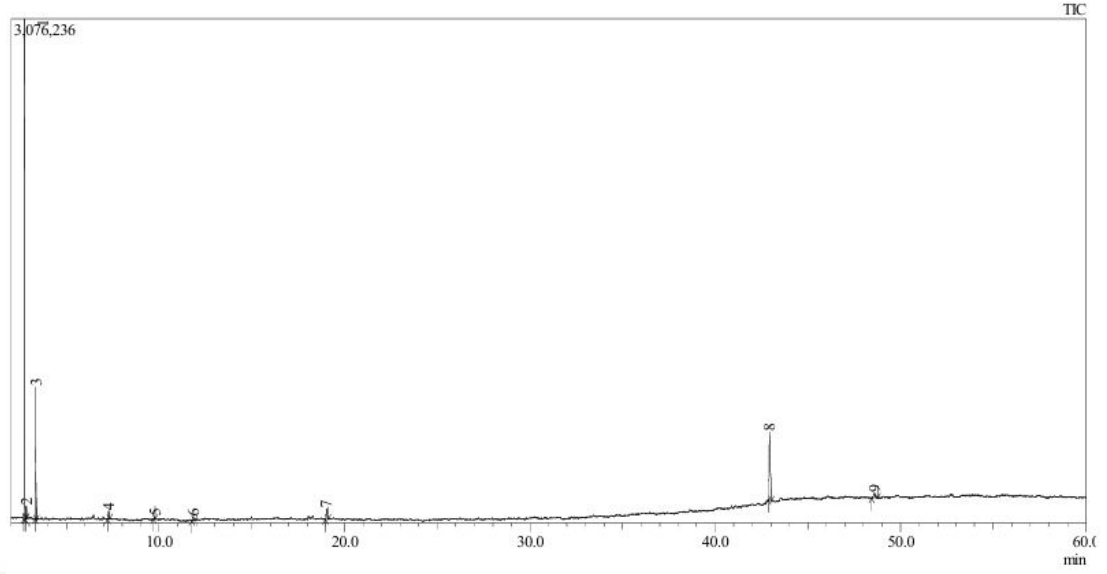
Siyah Araban Sarımsağı 80°C 3. ay Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



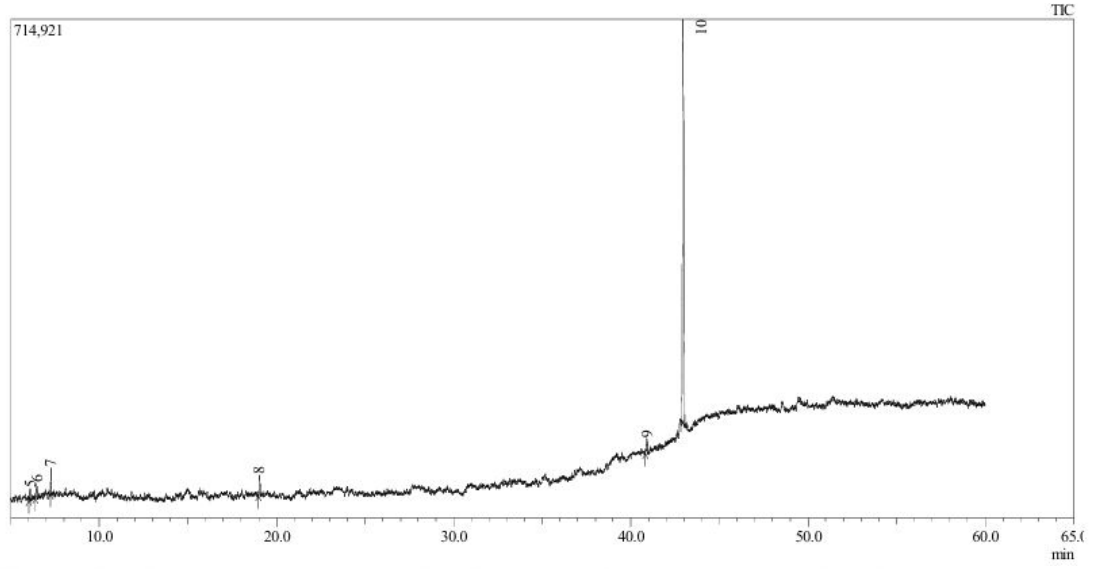
Taze Tunceli Sarımsağı Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



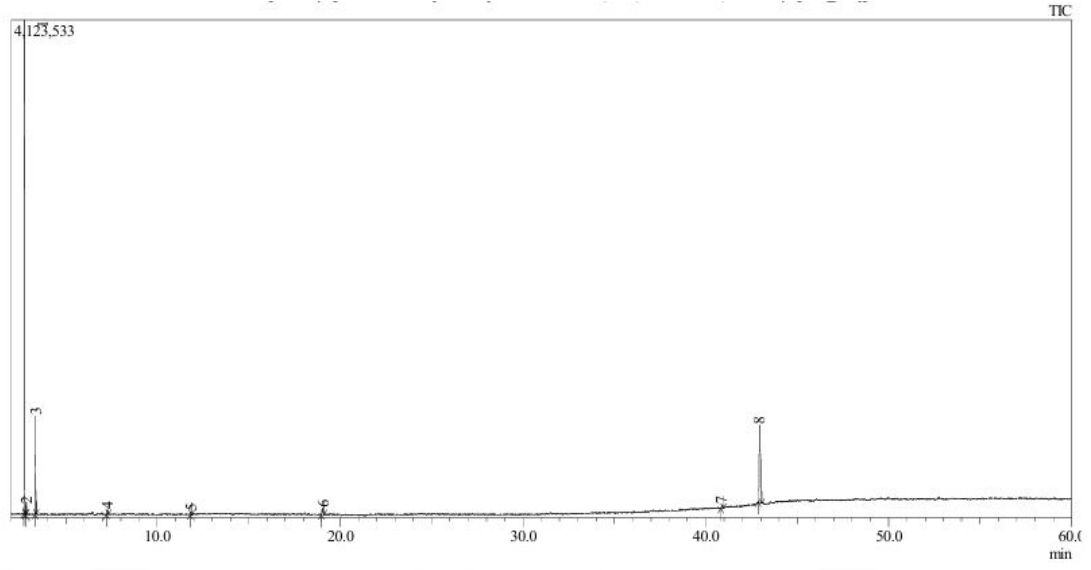
Siyah Tunceli Sarımsağı 65°C 0. ay Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



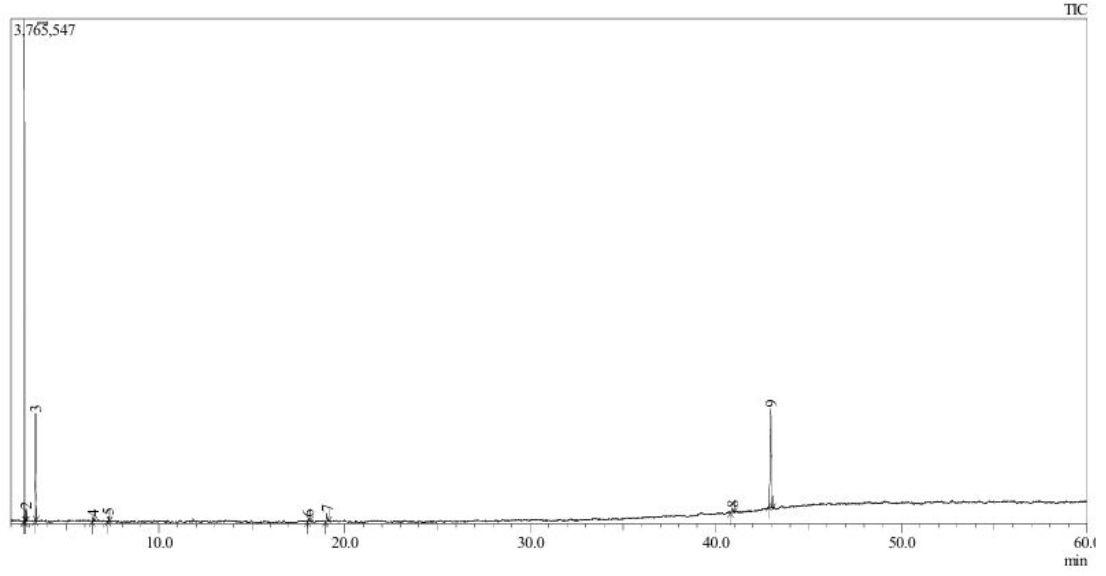
Siyah Tunceli Sarımsağı 65°C 3. ay Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



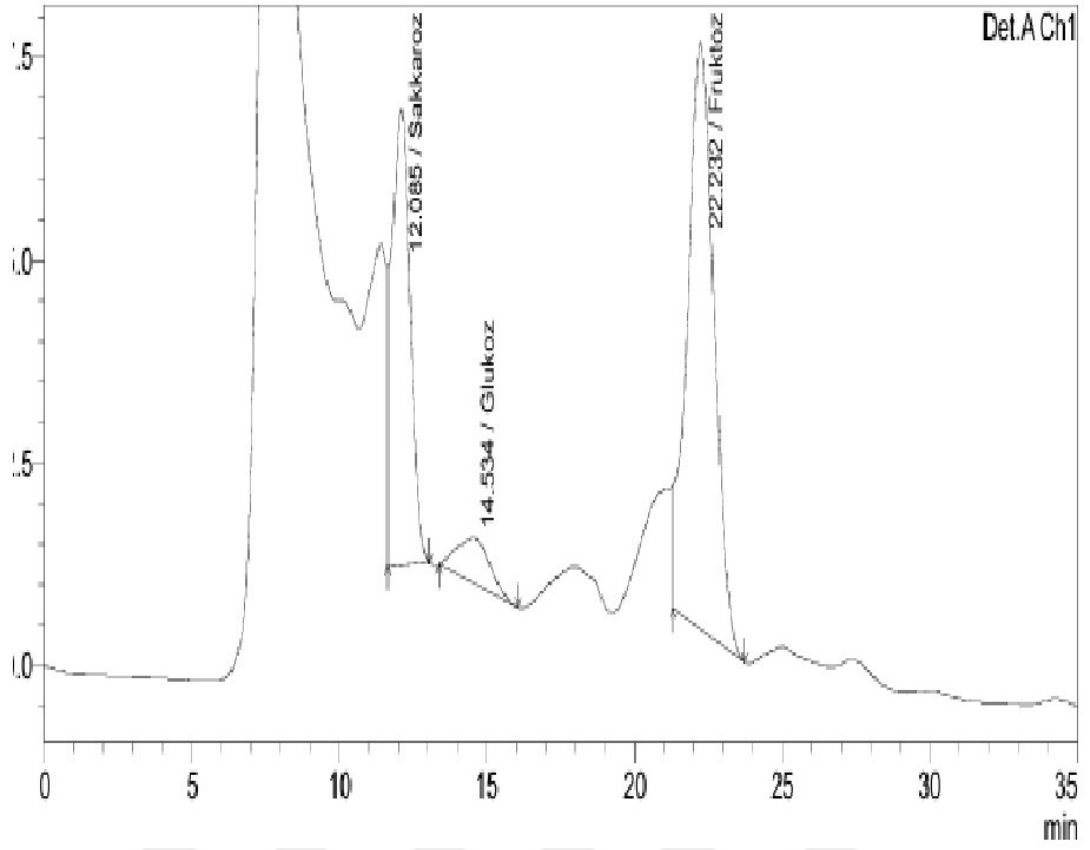
Siyah Tunceli Sarımsağı 80°C 0. ay Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



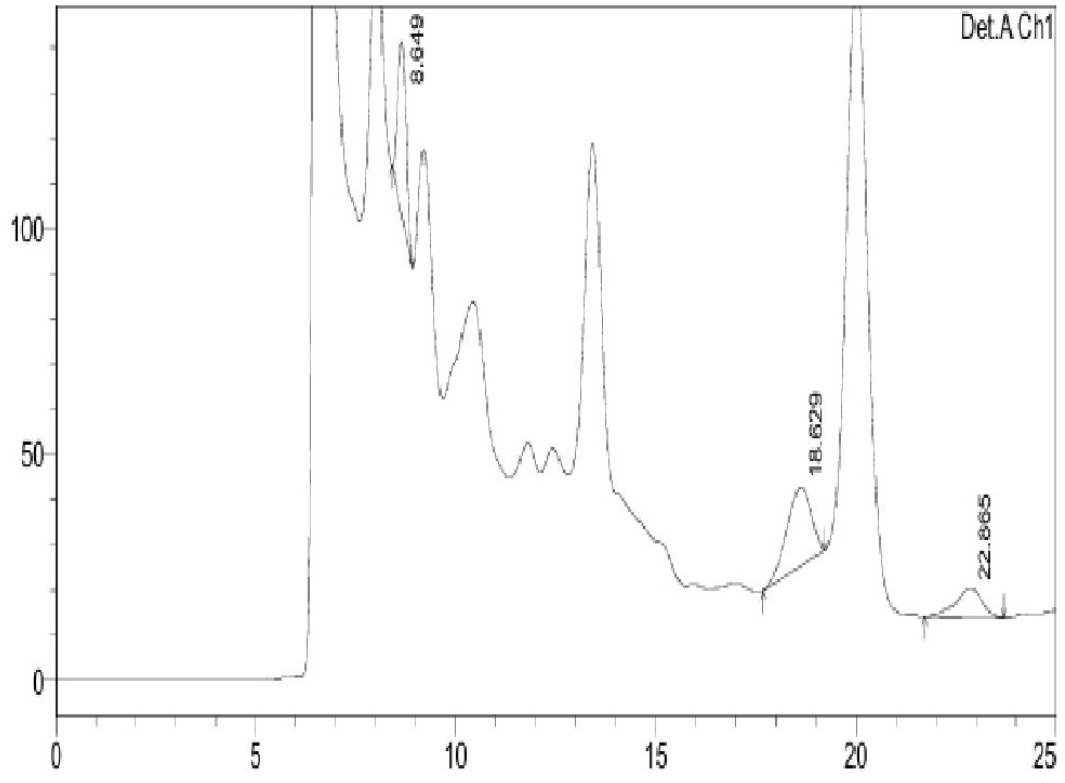
Siyah Tunceli Sarımsağı 80°C 3. ay Aroma Analizi Kromatogram

EK 1



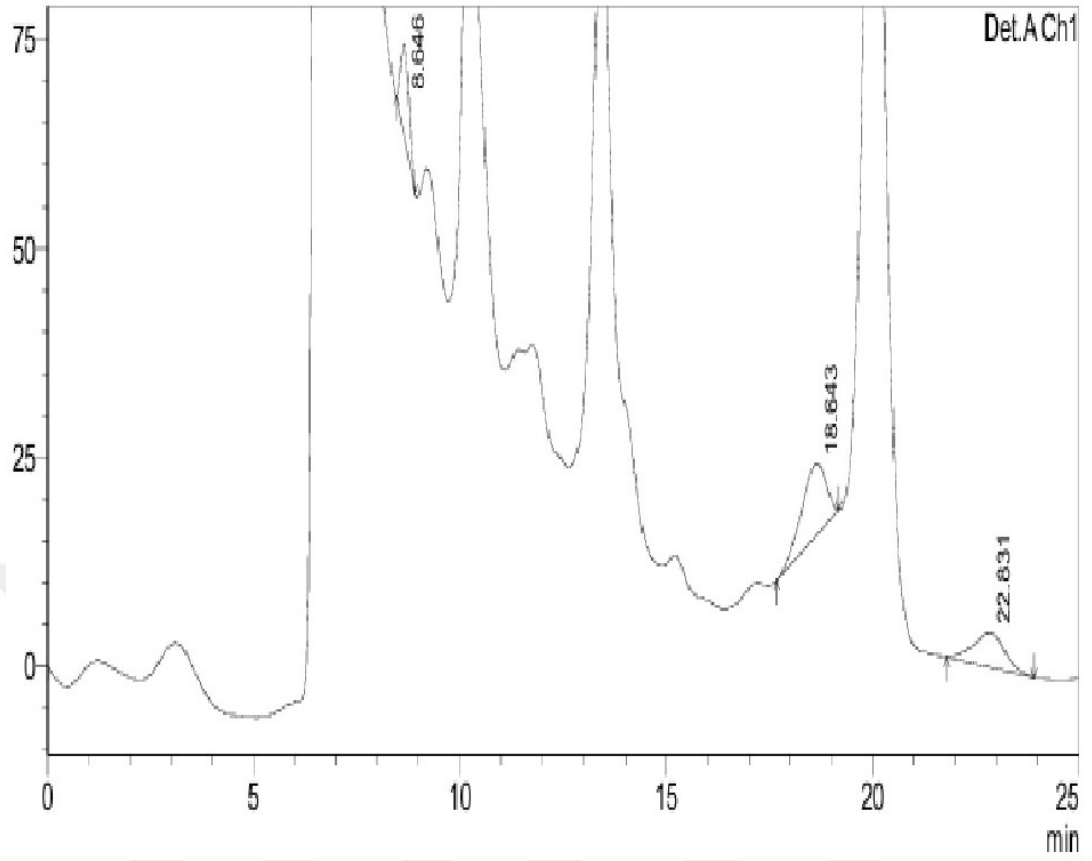
Siyah Araban Sarımsağı 65°C 0. ay Şeker Analizi Kromatogram

EK 1



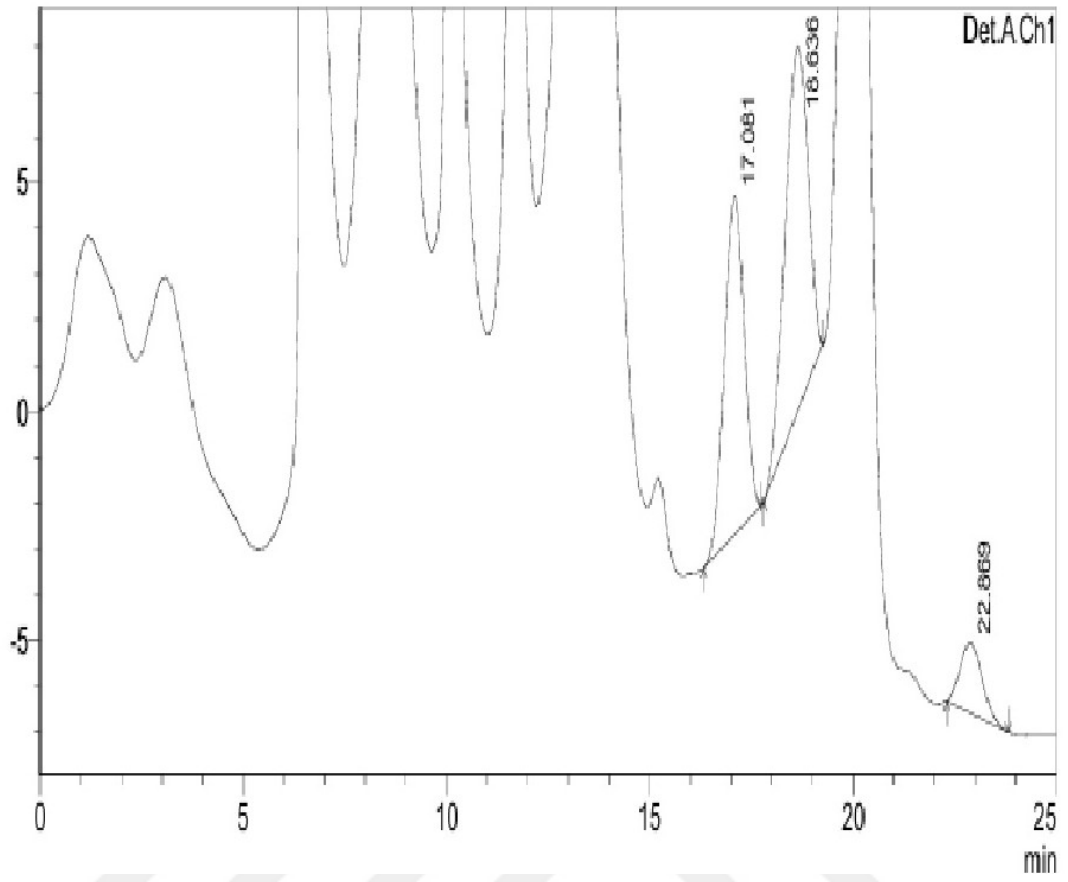
Siyah Araban Sarımsağı 65°C 0. ay Organik asit Kromatogram

EK 1



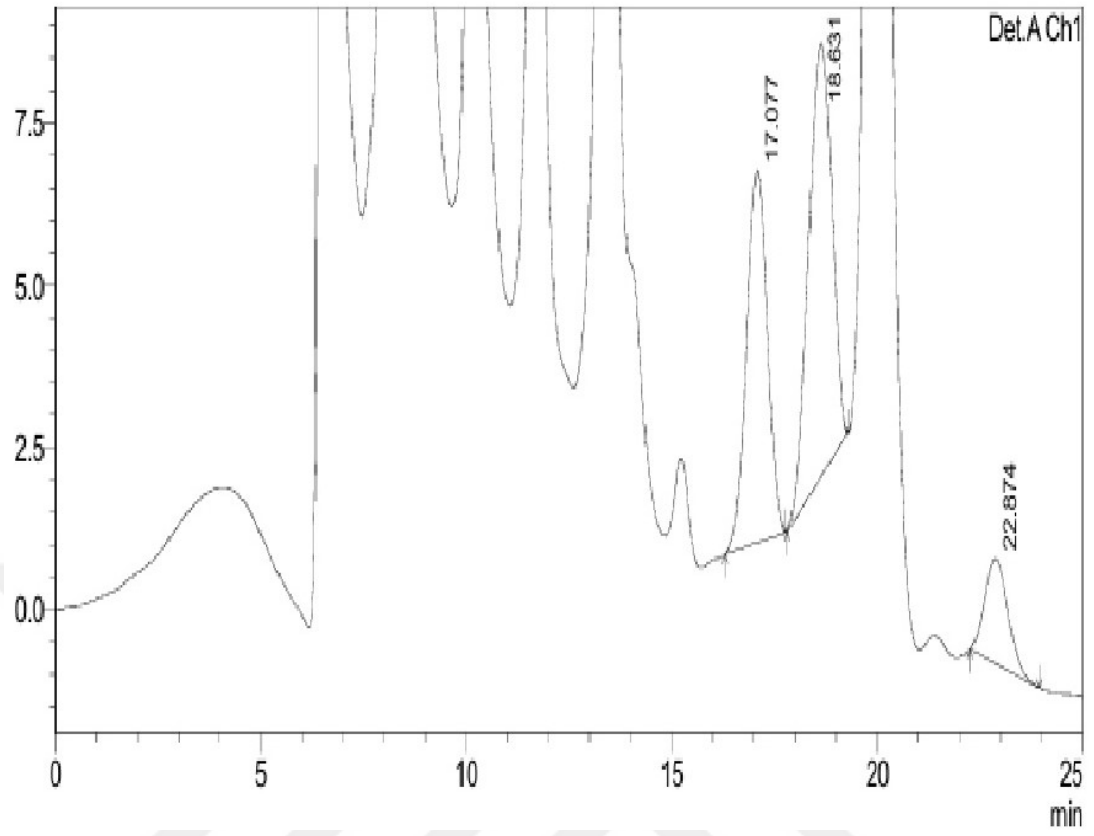
Siyah Araban Sarımsağı 65°C 3. ay Organik asit Kromatogram

EK 1



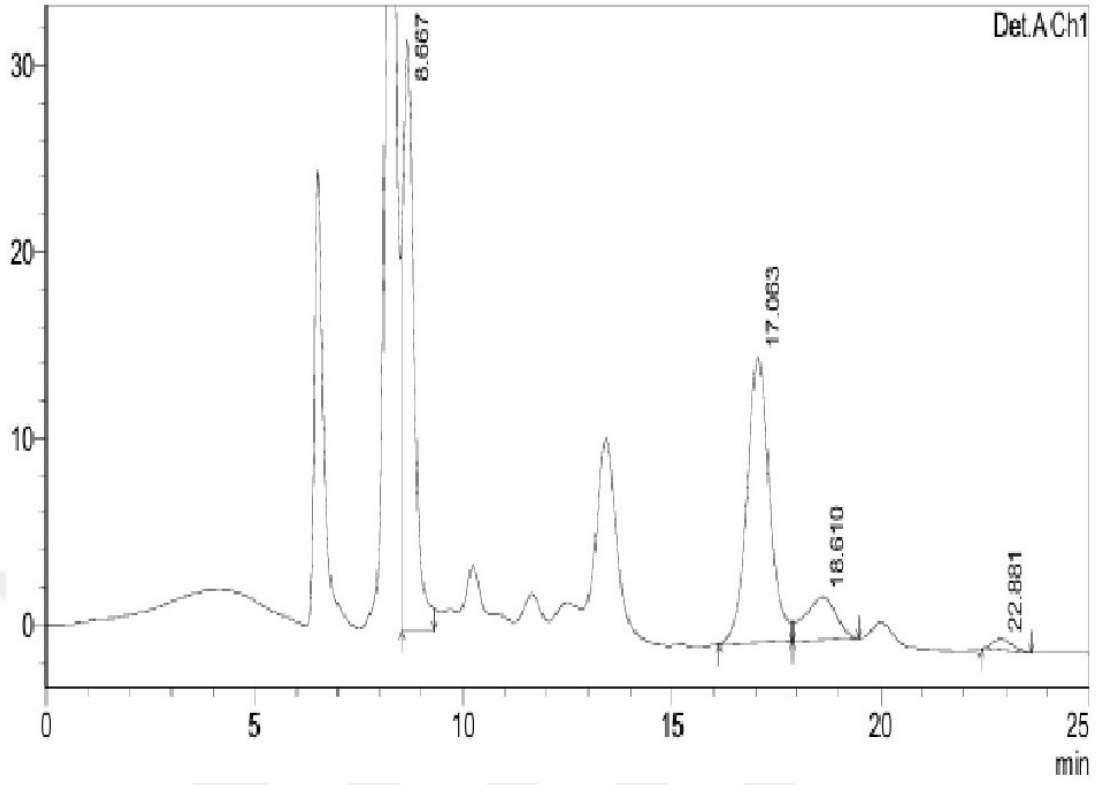
Siyah Araban Sarımsağı 80°C 0. ay Organik asit Kromatogram

EK 1



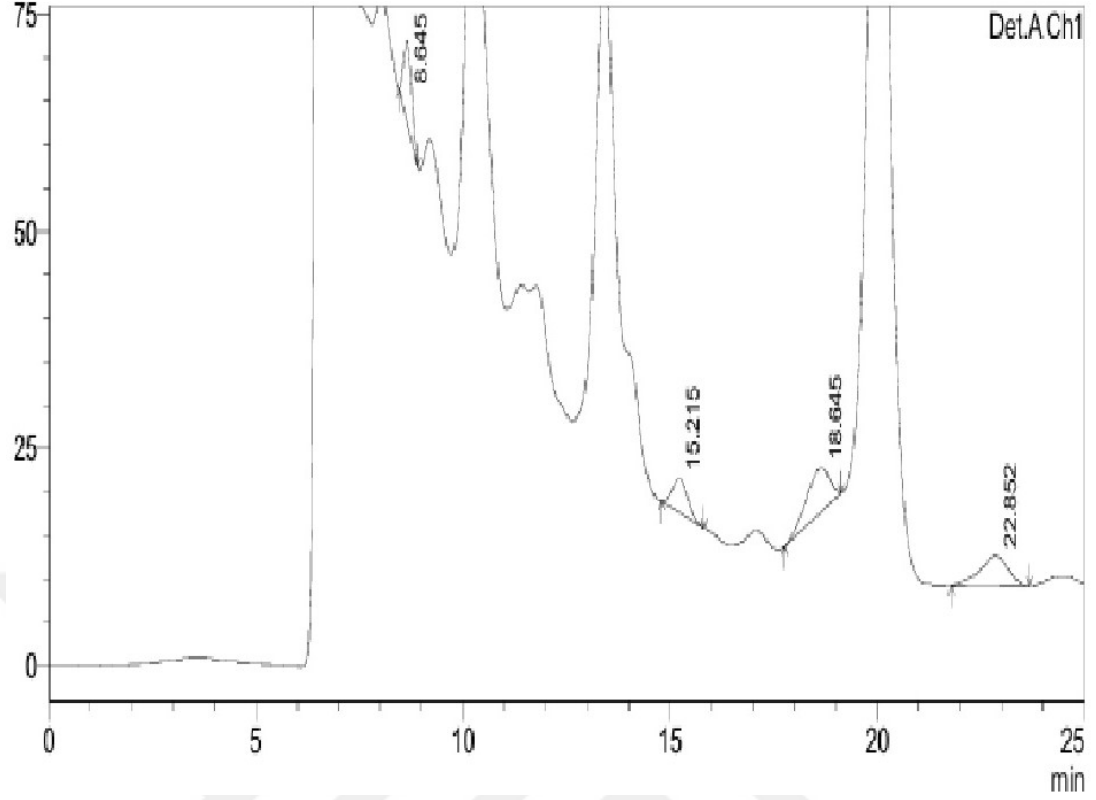
Siyah Araban Sarımsağı 80°C 3. ay Organik asit Kromatogram

EK 1



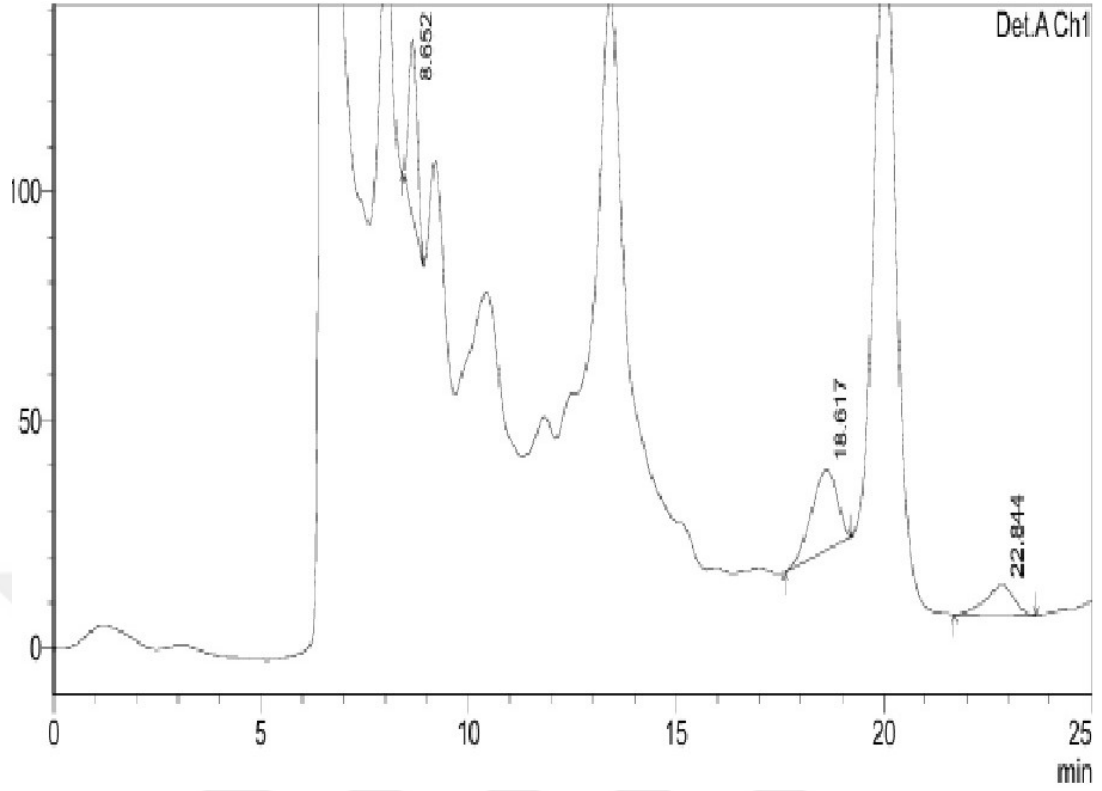
Taze Tunceli Dağ Sarımsağı Organik asit Kromatogram

EK 1



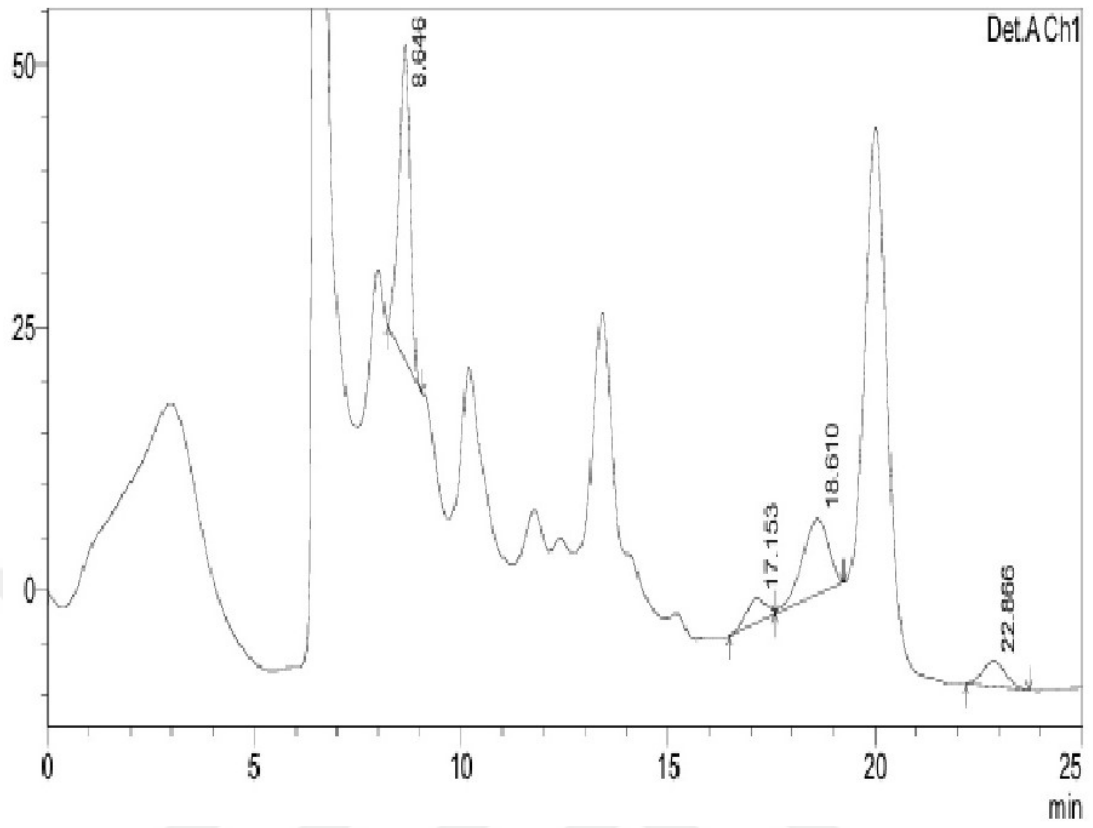
Siyah Tunceli Dağ Sarımsağı 65°C 0. ay Organik asit Kromatogram

EK 1



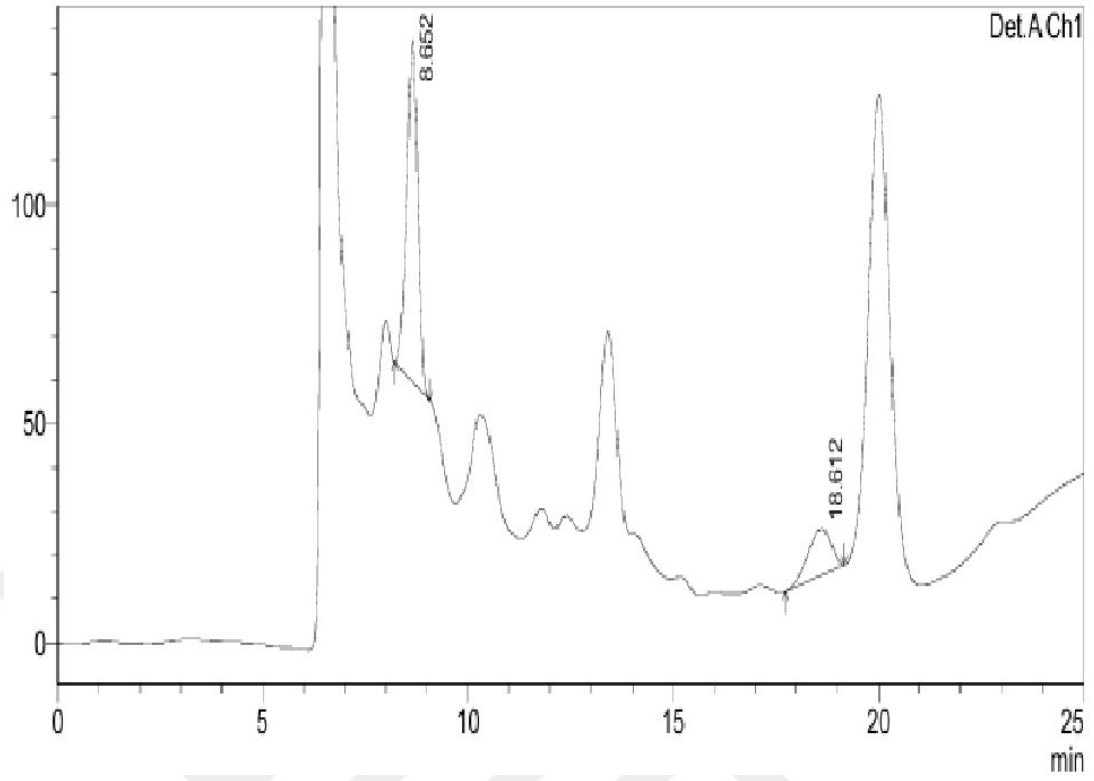
Siyah Tunceli Dağ Sarımsağı 65°C 3. ay Organik asit Kromatogram

EK 1



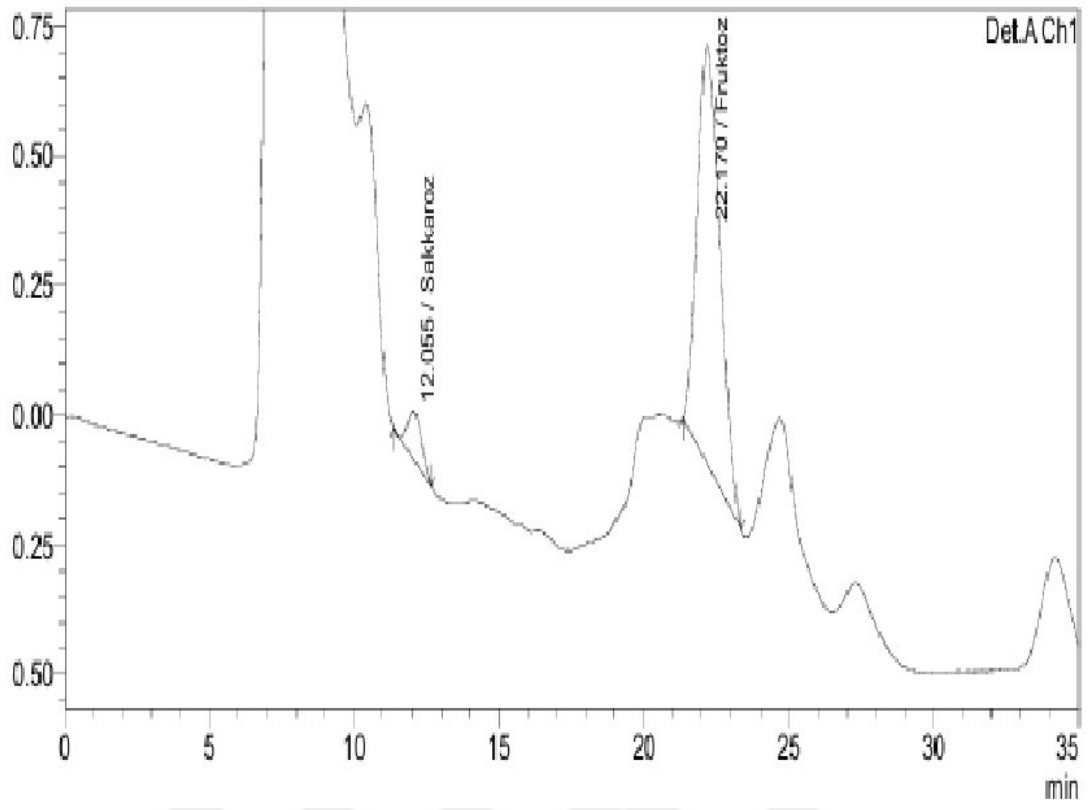
Siyah Tunceli Dağ Sarımsağı 80°C 0. ay Organik asit Kromatogram

EK 1



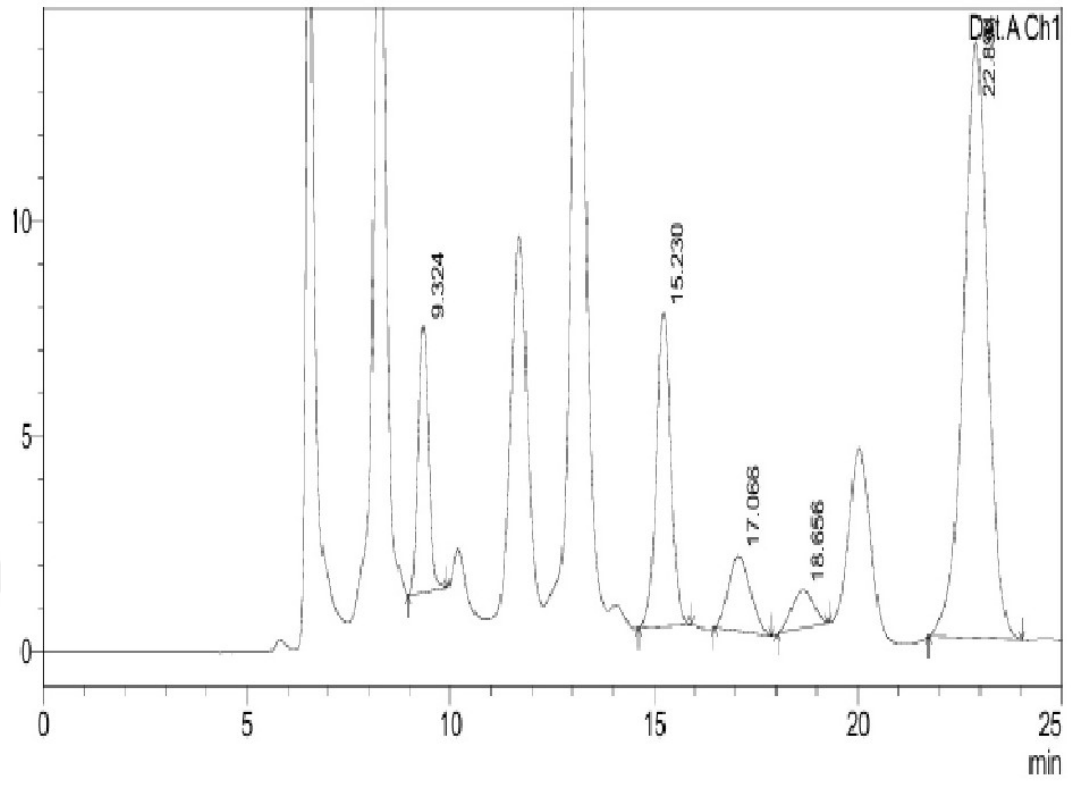
Siyah Tunceli Dağ Sarımsağı 80°C 3. ay Organik asit Kromatogram

EK 1



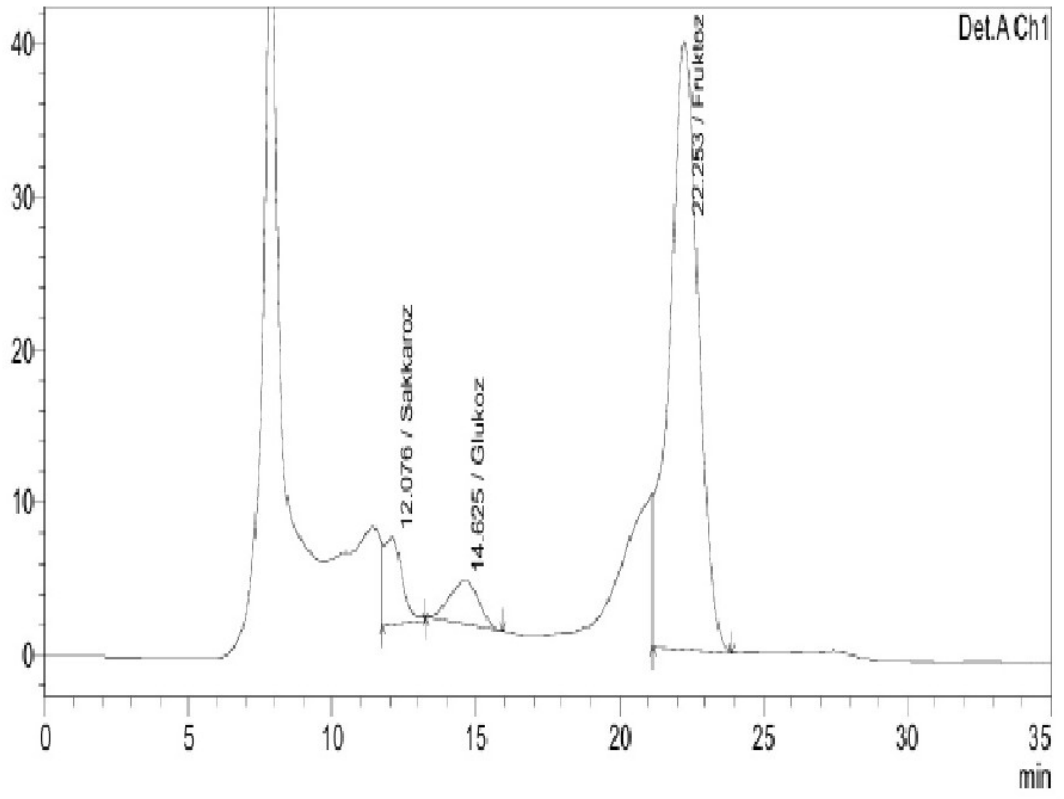
Taze Araban Sarımsağı Şeker Analizi Kromatogram

EK 1



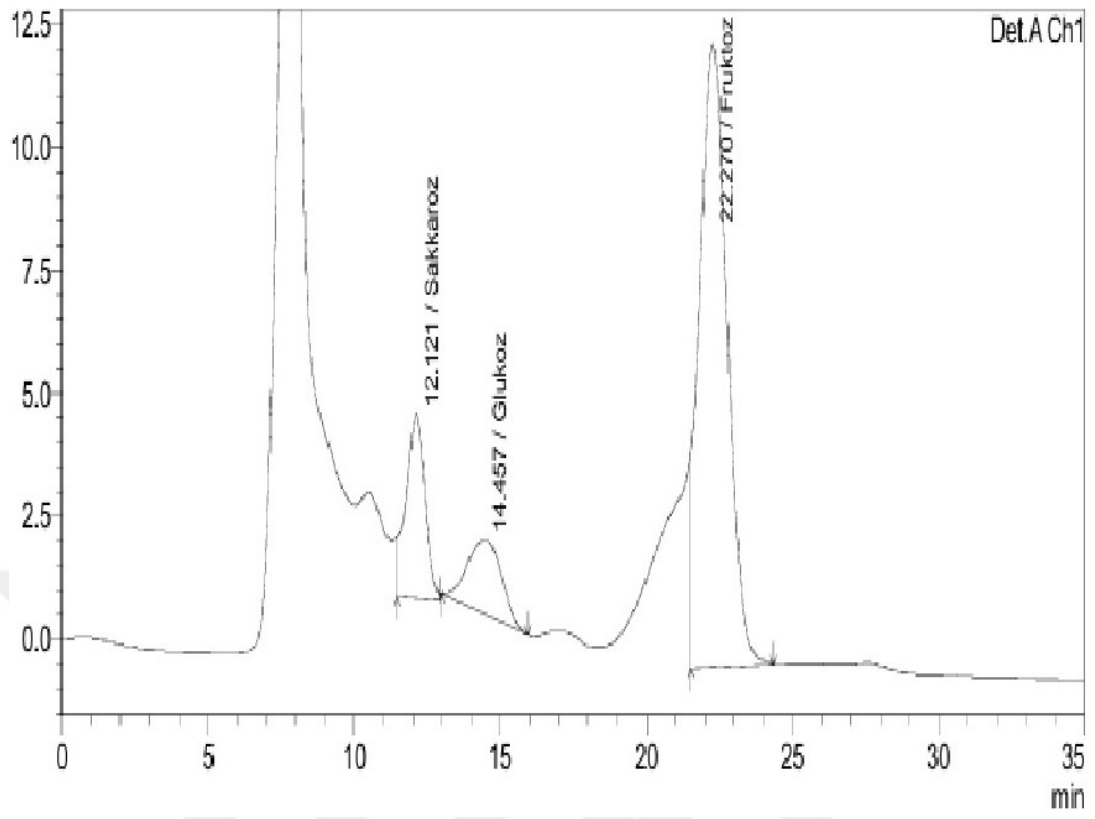
Taze Araban Sarımsağı Organik asit Kromatogram

EK 1



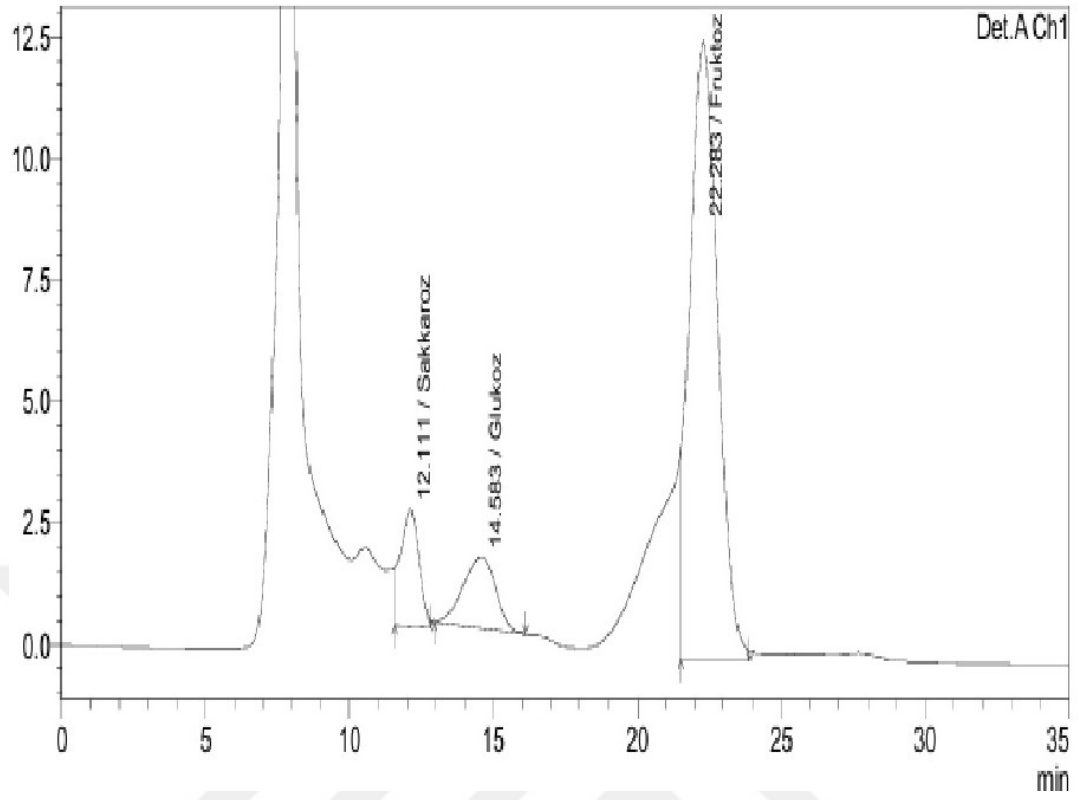
Siyah Araban Sarımsağı 65°C 3. ay Şeker Analizi Kromatogram

EK 1



Siyah Araban Sarımsağı 80°C 0. ay Şeker Analizi Kromatogram

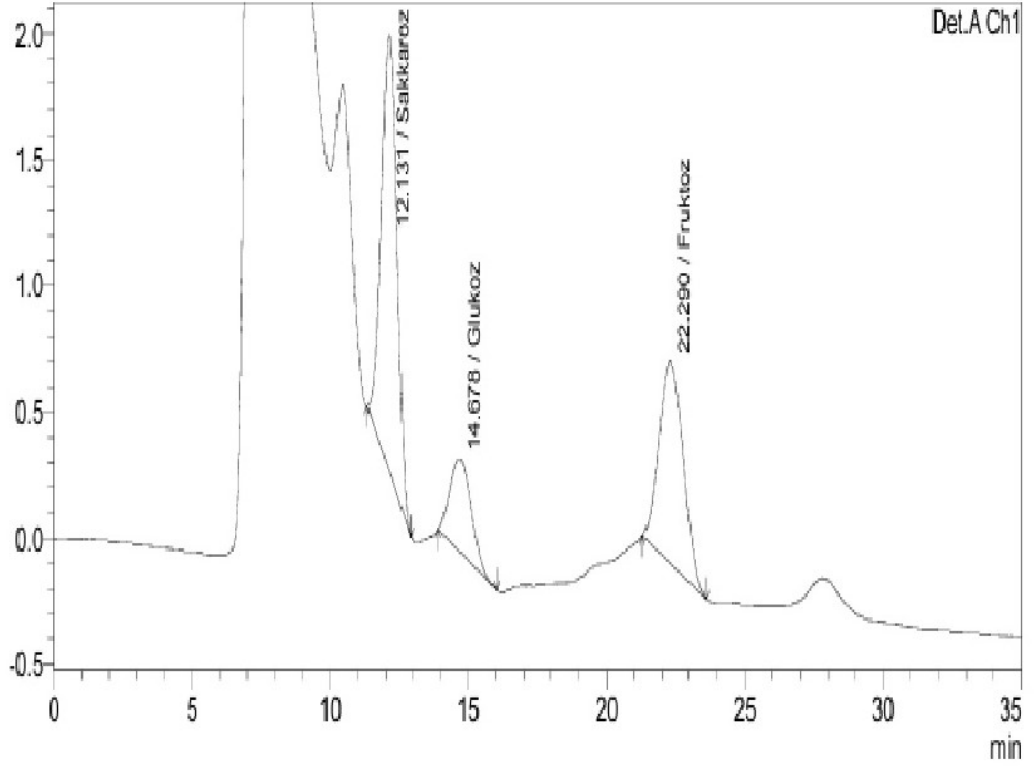
EK 1



Siyah Araban Sarımsağı 80°C 3. ay Şeker Analizi Kromatogram

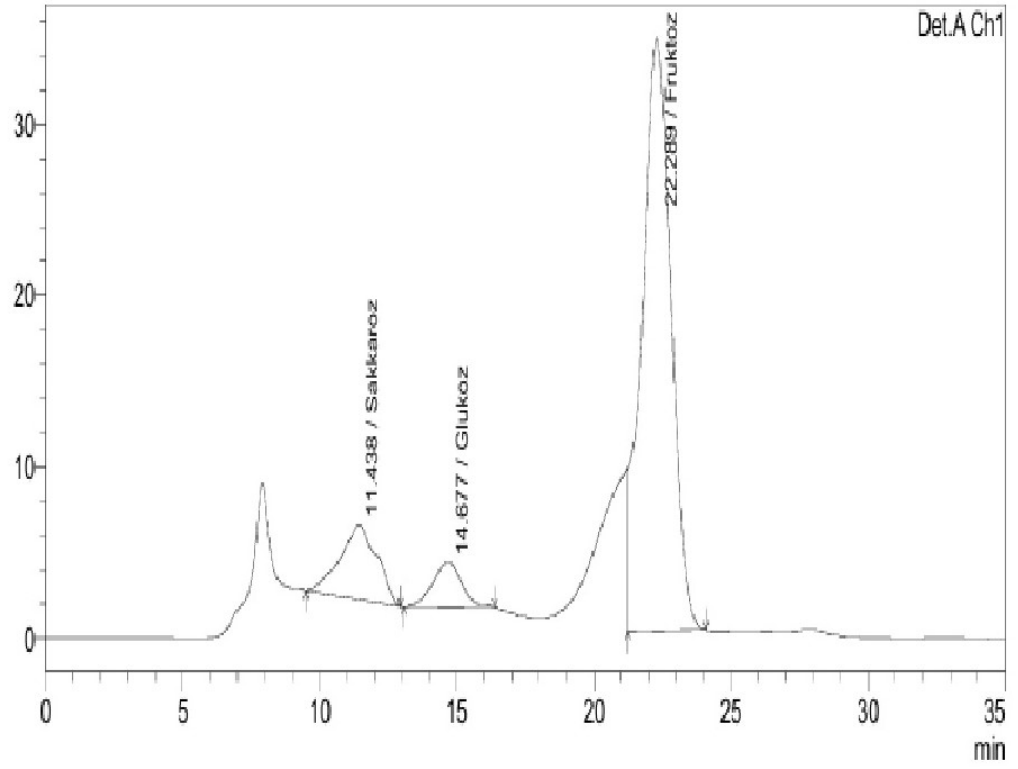
EK 1

mV



Taze Tunceli Sarımsağı Şeker Analizi Kromatogram

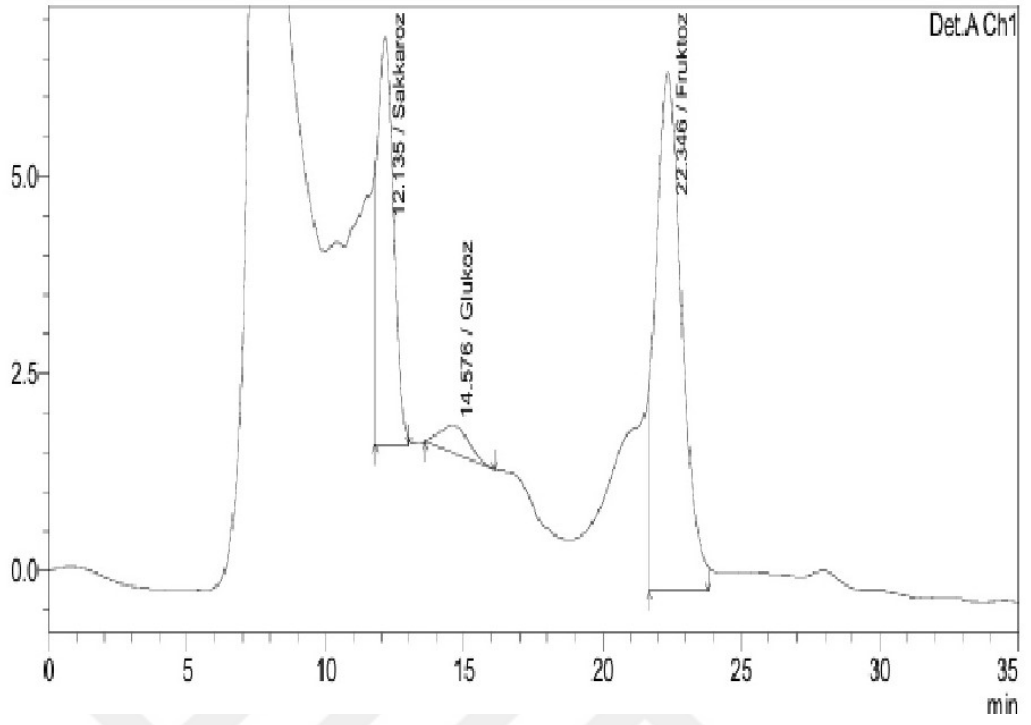
EK 1
mV



Siyah Tunceli Sarımsağı 65°C 0. ay Şeker Analizi Kromatogram

EK 1

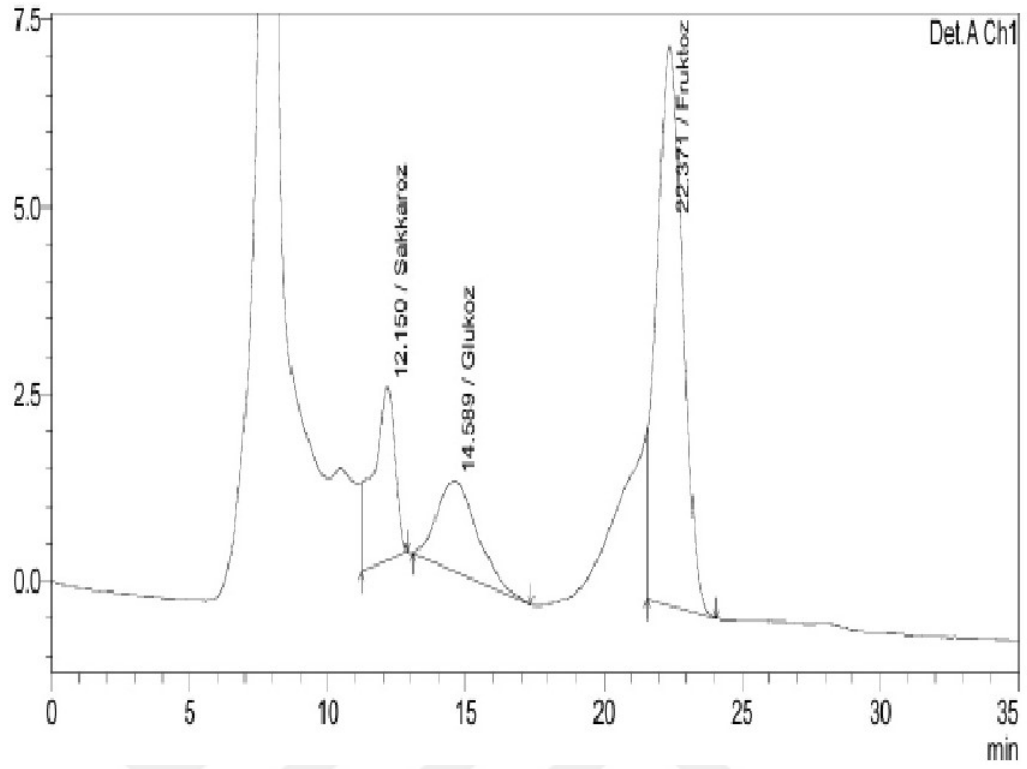
mV



Siyah Tunceli Sarımsağı 65°C 3. ay Şeker Analizi Kromatogram

EK 1

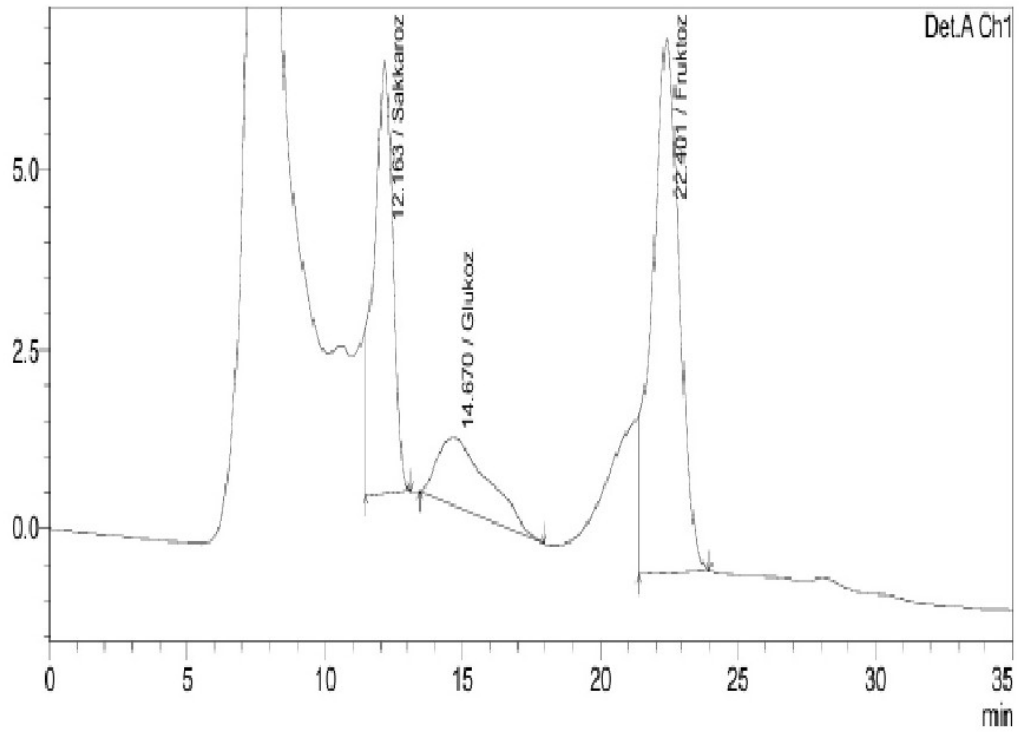
mV



Siyah Tunceli Sarımsağı 80°C 0. ay Şeker Analizi Kromatogram

EK 1

mV



Siyah Tunceli Sarımsağı 80°C 3. ay Şeker Analizi Kromatogram

EK 1

AD-SOYAD:....

TARİH:.....

SIYAH SARIMSAK DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

		A	B	C	D
GÖRÜNÜŞ VE RENK					
KOKU	KENDİNE HAS				
	YABANCI				
	HOŞA GİTMEYEN				
TAT	KENDİNE ÖZGÜ				
	KARAMEL				
	EKŞİMSİ				
	İSTENMEY EN				
AĞIZDA BIRAKTIĞI HİS	KREMSİ				
	YAPIŞKAN				
	KURU				
GECİKMİŞ TAT (Sonradan hissedilen)					

Örnekler ile ilgili değerlendirmenizi aşağıda verilen skalaya göre yapınız.

1 2 3 4 5

DÜŞÜK

ORTA

YÜKSEK

Örnekleri genel beğeni durumunuza göre sıralayınız.

Belirtmek istediğiniz yorum ve düşünceler.

Siyah Sarımsak Örnekleri Duyusal Değerlendirme Formu