

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**DOMATES BİTKİSİNİN HASAT SONRASINDA KALAN VEJETATİF
KISIMLARINDAN DOĞAL DOMATES AROMASI ELDE EDİLMESİ**

Aleyna OKUTUCU

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**DOMATES BİTKİSİNİN HASAT SONRASINDA KALAN VEJETATİF
KISIMLARINDAN DOĞAL DOMATES AROMASI ELDE EDİLMESİ**

Aleyna OKUTUCU

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK 2025

ANTALYA

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

**DOMATES BİTKİSİNİN HASAT SONRASINDA KALAN VEJETATİF
KISIMLARINDAN DOĞAL DOMATES AROMASI ELDE EDİLMESİ**

**Aleyna OKUTUCU
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez TÜBİTAK tarafından 124O852 nolu proje (COST Action CA22134) ile
desteklenmiştir.**

ARALIK 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOMATES BİTKİSİNİN HASAT SONRASINDA KALAN VEJETATİF
KISIMLARINDAN DOĞAL DOMATES AROMASI ELDE EDİLMESİ**

Aleyna OKUTUCU
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Bu tez/...../2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa KARHAN (Danışman)	[imza]
Prof. Dr. İrfan TURHAN	[imza]
Prof. Dr. Beraat ÖZÇELİK	[imza]

ÖZET

DOMATES BİTKİSİNİN HASAT SONRASINDA KALAN VEJETATİF KISIMLARINDAN DOĞAL DOMATES AROMASI ELDE EDİLMESİ

Aleyna OKUTUCU

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa KARHAN

Aralık 2025; 65 sayfa

Gıda endüstrisinde ürün işleme atıklarının geri kazanımına yönelik birçok çalışma yer almaktadır. Domates işleme atıklarının kullanılması ile likopen geri kazanımına yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Fakat bu çalışmalar domatesin işlenmesi sonucunda kalan kısımlarının değerlendirilmesi üzerine yapılmış olmakla birlikte çoğunlukla hayvan yemi ve gübre üretimi çalışmalarını kapsamaktadır. Ayrıca, domates atıklarından likopen ekstraksiyonu üzerine de araştırmalar mevcuttur. Önceki çalışmalardan farklı olarak üretimi yaygın olan domatesin yalnızca meyve kaynaklı atıkları değil, vejetatif kısımlarının da değerlendirilmesi çevresel geri kazanım açısından önemli bir fark yaratacaktır. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda domates ve vejetatif kısımlarında aroma bileşiklerinin varlığı belirlenmiştir. Ancak, fraksiyonel damıtma ile farklı mutlak basınçlar kullanarak vejetatif kısımlarda uçucu aroma bileşiklerinin izole edilmesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada domatesin tarımsal üretimi sırasında ortaya çıkan bitki atıklarından doğal domates aromasının elde edilmesini amaçlanmıştır. Domatesin karakteristik aroması bitkinin vejetatif kısımlarında da (yaprak, gövde, sap) bulunmaktadır. Ancak bu bileşikler vejetatif kısımlarda yoğun otsu uçucu bileşiklerle birlikte azeotropik bir karışım halindedir. Dolayısıyla, buhar destilasyonu gibi basit bir yöntemle ayrılması mümkün değildir. Bu nedenle sunulan tez çalışmasında uçucu karışımdan domates aromasını oluşturan fraksiyonlar azeotropik karışımların ayrılmasında etkili olan rektifikasyon uygulamasıyla elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre domatesin vejetatif kısımlarından uçucu aroma bileşiklerinin saf olarak elde edilmesinin mümkün olduğu ortaya konmuştur. Otsu aromaların yoğunluk gösterdiği koşullar belirlenerek domatesin karakteristik aromasını veren bileşiklerin ayrıştırılmasını sağlayan şartlar saptanmıştır. Bitkide en yüksek konsantrasyonda bulunan üç bileşik sırasıyla hekzanal, hekzanol ve fenetil alkol olarak belirlenmiştir. Bu üç bileşik ile birlikte tespit edilen 25 uçucu bileşiğin tamamının vejetatif kısımlarda domates meyvesine kıyasla daha yüksek yoğunluklarda bulunduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Çevresel geri kazanım, Doğal aroma eldesi, Domates, Fraksiyonel damıtma, Rektifikasyon, Tarımsal atık

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa KARHAN

Prof. Dr. İrfan TURHAN

Prof. Dr. Beraat ÖZÇELİK

ABSTRACT

OBTAINING OF NATURAL TOMATO AROMA FROM POST-HARVEST VEGETATIVE PARTS OF THE TOMATO PLANT

Aleyna OKUTUCU

MSc Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa KARHAN

December 2025; 65 pages

Numerous studies have been conducted on the recovery of product processing waste in the food industry. The literature contains numerous studies on the recovery of lycopene from tomato processing waste. However, these studies focus on the utilisation of the remaining parts after tomato processing, with most of these studies mostly encompassing the production of animal feed and fertiliser. There is also research on the extraction of lycopene from tomato waste. Unlike previous studies, this one will make a difference in terms of environmental recovery by utilising not only the fruit waste but also the vegetative parts of the widely produced tomato. Studies to date have identified aroma components in tomatoes and their vegetative parts. However, no studies have been found regarding the isolation of volatile aroma components in vegetative parts using fractional distillation at different absolute pressures. This study aims to obtain natural tomato aroma from the plant waste that is produced during the process of growing tomatoes. The characteristic tomato aroma is also present in the plant's vegetative parts (leaves, stems, and stalks). However, these components are present in an azeotropic mixture with concentrated herbaceous volatile components in the vegetative parts. It is not possible to separate them using a simple method like steam distillation. For this reason, the fractions constituting the tomato aroma were obtained from the volatile mixture by rectification, a process effective in separating azeotropic mixtures. The study's results showed that it is possible to obtain volatile aroma components in pure form from the vegetative parts of the tomato. By determining the conditions under which herbaceous aromas are concentrated, the conditions enabling the separation of the compounds responsible for the characteristic tomato aroma were identified. Hexanal, hexanol, and phenethyl alcohol were found to be the three compounds present in the highest concentrations in the plant, respectively. The presence of all 25 volatile compounds, including these three, was found to be more concentrated in the plant's leaves than in the fruit itself.

KEYWORDS: Agricultural waste, Environmental recovery, Fractional distillation, Natural aroma extraction, Rectification, Tomato

COMMITTEE: Prof. Dr. Mustafa KARHAN

Prof. Dr. İrfan TURHAN

Prof. Dr. Beraat ÖZÇELİK

ÖNSÖZ

Bu çalışma domates bitkisinin vejetatif kısımlarına (sap, gövde ve yaprak) ait aroma bileşiklerinin fraksiyonel damıtma yöntemiyle farklı mutlak basınçlar altında ayrılması HS-GC-MS yöntemiyle analiz edilmesi ve elde edilen verilerin domates aroması ile karşılaştırılarak karakteristik aroma bileşiklerinin üretilmesi için optimal koşulların belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Gıda biliminde önemli bir yere sahip olan aroma bileşiklerinin proses koşullarına bağlı olarak değişiminin ortaya konulması bilimsel literatüre katkı sağlaması ve endüstriyel uygulamalara yol göstermesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Yüksek lisans eğitimim süresince ve bu tez çalışmasının her aşamasında bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, bilimsel bakış açısı kazanmama katkı sağlayan, her zaman destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa KARHAN'a ve ikinci danışmanım Sayın Dr. Hatice Reyhan ÖZİYCI'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan annem Alev OKUTUCU ve babam Oktay OKUTUCU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu süreçte moral ve motivasyonumu yüksek tutan sevgili arkadaşım Hamide Sena OR'a ve canım kedim Bob'a teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının benzer alanda yapılacak araştırmalara katkı sağlaması ve araştırmacılara yol gösterici olmasını temenni ederim.

Saygılarımla.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1. Domatese İlişkin Temel Özellikler, Küresel Ölçekte ve Türkiye’de Üretim Durumu.....	4
2.2. Domates Aromasının Kimyasal Özellikleri	6
2.3. Fraksiyonel Damıtma Yöntemi Kullanılarak Uçucu Bileşiklerin Elde Edilmesi	10
2.4. Domates İşleme Atıkları Üzerine Çalışmalar.....	11
2.5. Domates Bitkisinin Vejetatif Kısımları Üzerine Çalışmalar	13
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Materyal.....	18
3.2. Metot	19
3.2.1. Üretim yöntemi	19
3.2.2. Analiz metotları	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	26
4.1. Domates Pulpu ve Paçalın Bazı Tanımlayıcı Özellikleri	26
4.2. Viskozite (Konsistens) Ölçüm Sonuçları	26
4.3. HS-GC-MS Analizi Sonuçları.....	27
4.3.1. Kontrol grubu (Doğal domates aroması)	28
4.3.2. Domates bitkisinin vejetatif kısmı	29
5. SONUÇLAR	37
6. KAYNAKLAR	39
7. EKLER.....	47
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘‘Domates Bitkisinin Hasat Sonrasında Kalan Vejetatif Kısımlarından Doğal Domates Aroması Elde Edilmesi’’ adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/12/2025
Aleyna Okutucu

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
cP	: Santipواز
dk	: Dakika
g	: Gram
mbar	: Milibar
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mPa.s	: Milipaskal.Saniye
ppm	: Parts Per Million (Milyonda bir birim)
rpm	: Reverse Per Minute (Dakikadaki devir sayısı)
s	: Saat
ton/da	: 1 Dekarda 1 Ton
W	: Watt
Pa.s	: Paskal.Saniye

Tezde ondalık ayracı olarak (,) kullanılmıştır.

Kısaltmalar

% S.S.A.: Yüzde Susuz Sitrik Asit

AEDA : Aroma Extract Dilution Analysis

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

GC-MS: Gas Chromatography – Mass Spectrometry

HPLC : High-Performance Liquid Chromatography

HS : Headspace

SBSE : Stir-Bar Sorptive Extraction

SPME : Solid Phase Microextraction

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

TA : Titrasyon Asitliği

TEPGE: Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü

TKM : Toplam Kuru Madde

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Domatesin karakteristik uçucu aroma bileşikleri	9
Şekil 3.1. Kontrol grubu domates örneği	18
Şekil 3.2. Domates bitkisinin sera söküm atığı.....	18
Şekil 3.3. Analize hazır hale getirilmiş domates pulpu	19
Şekil 3.4. Kontrol grubu üretimi akış şeması.....	20
Şekil 3.5. Deney materyali üretimi akış şeması.....	20
Şekil 3.6. Deney materyali süzöntü kısmı (A); parçalanmış vejetatif kısımlar (B).....	21
Şekil 3.7. Domatesten aroma fraksiyonları (kontrol) üretimi akış şeması.....	22
Şekil 3.8. Bitki vejetatif kısımlarından aroma fraksiyonları üretimi akış şeması.....	22
Şekil 3.9. Rektifikasyon sistemi.....	23
Şekil 4.1. Uçucu aroma bileşiklerinin konsantrasyonları	29
Şekil 4.2. Sırasıyla majör bileşiklerin basınç ve fraksiyona göre maksimum aroma konsantrasyonları	34
Şekil 4.3. Majör hekzanol (A); hekzanal (B); fenetil alkol (C) bileşiklerinin dağılımı..	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Domatesin genel bileşim öğeleri (Petro-Turza)	5
Çizelge 2.2. Domates yaprağında bulunan majör uçucu bileşikler (Buttery 1993).....	16
Çizelge 4.1. Domates pulpu ve paçalın bazı tanımlayıcı özellikleri	26
Çizelge 4.2. HS-GC-MS ile tespit edilen domates pulpundaki aromatik bileşiklerin fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırılması.....	28
Çizelge 4.3. Kolondaki farklı ölçüm seviyelerinde ortalama sıcaklık verileri (°C).....	31
Çizelge 4.4. Vejetatif kısımda tespit edilen uçucu bileşiklerin koku karakteristikleri (Buttery 1993; Klee 2010)	36

1. GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum*) *Solanaceae* ailesine ait olup dünya genelinde üretimi ve tüketimi en yaygın olan tarımsal ürünlerden biridir. Ayrıca işlenmiş gıdaların (domates salçası, ketçap, domates suyu vb.) üretiminde de etkili bir hammaddedir. İnsan sağlığı için önemli olan temel besin maddeleri ile antioksidanlar ve biyoaktif fitokimyasalların zengin bir kaynağıdır (Tekgül vd. 2015). Domates bazlı gıdaların yüksek düzeyde tüketimi ile kolorektal ve mide kanseri başta olmak üzere çeşitli kanser türlerinde potansiyel risk azalması arasında ilişki olabileceğine dair bulgular mevcuttur (Bhowmilk vd. 2012; Yang vd. 2013; Jiang vd. 2023). FAO'ya göre 2018 yılında dünya domates üretimi yaklaşık 164 milyon ton, Avrupa Birliği ülkelerinde ise 2016 yılında 17,9 milyon ton olmuştur. İşlenmiş gıdaların üretiminde önemli bir hammadde olduğu için domates üretim miktarının 10 milyon tonu domates salçası, sos, püre, ketçap veya konserve gibi gıda ürünleri haline getirilmiştir (Szabo vd. 2018). Çin, Hindistan, Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri ve Mısır dünya domates üretiminde öncü ülkelerdir. FAO (2020)'nin verilerine göre Türkiye, yaklaşık 13,3 milyon tonluk domates üretimiyle Çin ve Hindistan'ın ardından dünya sıralamasında üçüncü sırada yer almaktadır.

Meyve ve sebzelerin vejetatif kısımları genellikle tüketimi mümkün olmayan bölümleri oluşturmaktadır ve bu durum domates bitkisi için de geçerlidir. Ülkemizde diğer pek çok tarımsal üründe olduğu gibi domates üretimi de modern teknolojilerle birlikte hızla artmakta olup üretim miktarlarına paralel olarak domates bitkisinin gövde, sap ve yaprak gibi atık niteliği taşıyan vejetatif kısımlarının miktarı da artış göstermektedir. Diğer sera yetiştiriciliği ürünleri ile karşılaştırıldığında serada domates üretimi yıllık bazda dekar başına yaklaşık 4,9 ton ile en fazla bitkisel atık oluşumuna neden olan tarımsal ürünlerdendir. Söz konusu atıkların çoğu, genellikle dere yataklarına veya kullanılmayan arazilere dökülmekte ve bu durum kontrolsüz yangın riskini artırmakla birlikte çevresel kirliliğe yol açmaktadır (Manzano-Agugliaro 2007). Bu koşullar bahsi geçen atıkların değerlendirilmesini her zamankinden daha önemli hale getirmektedir. Domates bitkisinin değerlendirilmesine dair bazı güçlükler tespit edildiği için vejetatif bölümlerinin geri dönüşümü ile ilgili literatürde sınırlı sayıda da olsa bazı çalışmalar bulunmaktadır. Literatürdeki bulgular domates bitkisi atıklarının kompostlamada istenen termofilik evrenin gelişimi için gerekli biyoyararlanılabilir karbon miktarını karşılamadığını ortaya koymuştur. Ayrıca sera domatesi atıklarının toksik seviyelerde tuz ve amonyak içeriğinden ötürü vermikompost (solucan gübresi) üretiminde kullanılmasının da mümkün olmadığı bildirilmiştir (Fernández-Gómez vd. 2010). Domates bitkisinden kompost eldesini amaçlayan başka bir çalışmada ise bulgular domates bitkisi atıklarının tek başına vermikompostlamaya uygun olmadığını ancak kâğıt fabrikası çamuru ile karıştırıldığında hem solucan gelişiminin mümkün hâle geldiğini hem de atıkların başarılı biçimde stabilize edilerek yüksek olgunlukta organik ürünlere dönüştürülebileceğini göstermiştir (Fernández-Gómez vd. 2013). Bu yaklaşım sera domatesi üretiminden kaynaklanan bitkisel atıkların geri dönüştürülmesi için uygulanabilir bir seçenek sunmaktadır.

Atık olarak değerlendirilen bir diğer kısım ise domates üretim ve işleme süreçleri boyunca kabuk, çekirdek ve posa gibi bazı biyoaktif bileşikler açısından zengin yan ürünlerdir. Hem ülkemizde hem de dünyada bu atıkların çevresel etkileri göz önünde bulundurulduğunda söz konusu yan ürünlerin geri kazanımı önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Bu nedenle gıda üretim tesislerinde atıkların yeniden değerlendirilmesi

için kompost olarak toprağa kazandırılması, gıda katkı maddesi eldesi ve likopen benzeri yüksek değerli biyoaktif bileşiklerin geri kazanımı gibi çeşitli geri dönüşüm odaklı çalışmalar yürütülmektedir (Dharshini vd. 2025; Drosou vd. 2025).

Aroma bileşikleri gıdaların karakteristik tat ve lezzet profilini belirleyen temel unsurlardır. Aroma oluşumu aldehytler, asitler, esterler, terpenler, pirazinler ve furanlar gibi farklı kimyasal gruplardan oluşan bileşik karışımlarının kompozisyonuna bağlıdır. Bu gruplar içerisinde aldehytler, esterler, ketonlar, alkoller, trienler ve kükürt içeren bileşikler meyve ve sebzelerin karakteristik aroma profilinin temelini oluşturmaktadır (Van Stokkom vd. 2018). Söz konusu uçucu bileşikler ekstraksiyon, enzimatik veya fizyolojik süreçler, fermentasyon sırasında mikrobiyel aktivite ve ısıt işlemler sonucunda oluşabildiği gibi gıdalarda doğal olarak da bulunabilmektedir. Ayrıca, ısıt işlem kaynaklı aromatik bileşikler gıdalarda en yaygın bulunan uçucu bileşik sınıfını temsil etmektedir (Tylewicz vd. 2022).

Domates bitkisinin atık olarak nitelendirilen vejetatif kısımları diğer birçok meyve ve sebzenin vejetatif kısımlarının aksine meyveye ait önemli miktarda aroma bileşiği içermektedir (Buttery 1987). Ayrıca bu kısımlarda yalnızca aroma bileşikleri değil aynı zamanda çeşitli minerallerin ve vitaminlerin varlığı da rapor edilmiştir (Arab vd. 2019). Sap ve yapraklarının ezilmesi durumunda karakteristik yoğun aromatik bileşiklerin algılanabilir olduğu bilinmektedir. Bu yoğun aroma uçucu otsu koku bileşikleriyle birlikte karışım halinde bulunmaktadır. Dolayısıyla, sulu ekstraktlarından brüde elde edildiğinde vejetatif kısımdaki otsu ve meyvemsi kokular iç içe geçmiş olarak algılanmaktadır. Çalışmada farklı basınç ve fraksiyon seviyeleri oluşturularak uçucu bileşiklerin ayrımı fraksiyonel damıtmanın sistematigi olan buharlaşan karışımın brüde oluşturması ve sistemde yükselerek tekrar yoğunlaştırılması metodu ile yapılmıştır. Mevcut literatürde meyve ve sebzelerin tarımsal atık kısımlarından fraksiyonel damıtma yöntemi kullanarak aroma bileşiklerinin elde edilmesi üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanamamıştır.

Tez çalışmasında domates üretimi sırasında ortaya çıkan bitki atıklardan domates aromasına yüksek benzerlikte doğal aroma fraksiyonlarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda aroma bileşiklerini elde etmek için fraksiyonel damıtma tekniği olan rektifikasyon işlemi kullanılmıştır. Rektifikasyon kolonunun işleyiş mekanizması esasen en yüksek uçuculuğa sahip bileşiğin ayrıştırılmasını hedeflemektedir (Stichlmair 2010). Meyve suyu üretim teknolojisinde meyve aromalarının ham meyve suyundan ayrılmasında da kullanılan rektifikasyon tekniği bu çalışmada domatesin vejetatif kısımlarından elde edilecek brüde içindeki uçucu bileşiklerin fraksiyonlarına ayrılmasını sağlamıştır. Salkım sırk çeşit domatesin sera söküm atıkları olan vejetatif kısımlar uygun çözücü olarak seçilen su kullanılarak mayşelendirilmiştir. Optimum su oranı domatesin vejetatif kısımlarının suda parçalanması ile elde edilen mayşenin akıcı bir nitelikte kalacağı minimum seviyeye kadar su miktarı azaltılarak saptanmıştır.

Mayşelendirilmiş vejetatif karışımındaki uçucu bileşiklerin fraksiyonlarına ayırması rektifikasyon kolonu aracılığıyla kademeli şekilde yapılmış ve bu tekniğin verimliliği ve etkinliği değerlendirilmiştir. Elde edilen aroma fraksiyonlarının karakteristik domates aromasına benzerlik durumu tespit edilmiş; farklı fraksiyonlardaki uçucu bileşik dağılımı analiz edilmiştir.

Mayşelendirme sonucu oluşturulan vejetatif karışımda ve taze domates aromasını temsil etmesi için hazırlanan kontrol grubunda (domates pulpu) tanımlayıcı analizler olarak toplam kuru madde (TKM), suda çözünür kuru madde (briks), titrasyon asitliği (TA), pH değeri analizleri ve viskozite (konsistens) ölçümü yapılmıştır. Fraksiyonel damıtma sonucu alınan örneklerin aroma bileşikleri analizi gıdalarda uçucu aroma bileşiklerinin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan HS-GC-MS cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Jasmins vd. 2025). Cihazın kütüphanesi (Willey ve NIST) uçucu aroma bileşiklerini tanımlama ve miktarını belirleme amacıyla kullanılmıştır. Bu analiz hizmet alımı yoluyla gerçekleştirilmiştir. Taze domates aroması ile rektifikasyon kolonundan elde edilen olan domatesin vejetatif kısımlarına ait fraksiyonlarının aroma bileşik profilleri istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmiştir.

Domates işleme sürecinde pektinin korunması amacıyla uygulanan ısı işlemler pektolitik enzimleri inaktive ederek pulpun konsistensini korumakla birlikte özellikle palper ve evaporasyon aşamalarında önemli aroma kayıplarına yol açmaktadır. Literatürde evaporasyon sırasında uzaklaştırılan brüdenin ilk %15–40’lık kısmında aroma bileşiklerinin yoğun olarak kaybedildiği bildirilmektedir (Cemeroğlu 2009). Bu nedenle, domatesin vejetatif kısımlarından elde edilen ve domates meyvesinin baskın aroma bileşiklerini temsil eden fraksiyonların elde edilmesi domates pulpu ve konsantresinden üretilen ticari ürünlerin aromatik açıdan zenginleştirilmesi açısından potansiyel bir yaklaşım sunmaktadır.

Her ne kadar bazı çalışmalarda domates bitkisinin yeşil kısımlarının aroma profilleri rapor edilmiş olsa da bu kısımların aroma ekstraksiyonuna yönelik standart bir yöntem henüz ortaya konmamıştır (Petro-Turza 1986; Buttery vd. 1987). Literatürde günümüze kadar domates bitkisinin sap, gövde ve yaprak kısımlarının geri kazanımına yönelik deneysel araştırmaların sınırlı olması sebebiyle tez çalışmasında elde edilen verilerin alanında öncü nitelikte olması beklenmektedir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Domatese İlişkin Temel Özellikler, Küresel Ölçekte ve Türkiye’de Üretim Durumu

Domates (*Solanum lycopersicum*) tüm dünyada yaygın olarak yetiştirilmekte ve tüketilmekte olan önemli bir tarım ürünüdür. Sebze ve meyveler için oldukça değerli bitki familyalarından biri olan Solanaceae familyasına aittir (Castrosanto vd. 2021). FAO verilerine göre 2023 yılında tahmini yıllık domates üretimi 192 milyon ton dolayındadır. Bu üretimin %62,7’si Asya tarafından karşılanırken bunu sırasıyla %13,9 ile Amerika, %12 ile Afrika, %11,2 ile Avrupa ve %0,2 ile Okyanusya izlemektedir. Bu yoğun üretim domatesin küresel gıda zincirindeki kritik konumunu ve tarım ve gıda endüstrileri açısından taşıdığı ekonomik önemi ortaya koymaktadır. Ekonomik değerinin yanı sıra diyet lifi, vitaminler, mineraller, amino asitler, uçucu organik bileşikler, polifenoller, antosiyaninler ve karotenoidler gibi çeşitli biyoaktif bileşiklerce zengin içeriğinden dolayı çok yaygın bir ürün olarak ilgi görmektedir (Ali vd. 2020).

Domates meyvesi meyvenin etli kısmı olan perikarp, jelsi yapıdaki parankima ve çekirdek olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır (Bussi eres 1994). Domatesin kimyasal yapısında 94,17 (g/100 g) su, 17,71 (g/100 g KM) toplam protein, 4,96 (g/100 g KM) lipit, 5,96 (g/100 g) karbonhidrat, önemli miktarda A ve C vitamini, fenolik bileşikler, karotenoidler ve maj or mineral maddelerden potasyum, fosfor, magnezyum, kalsiyum, sodyum, demir, çinko ve bakır gibi mineraller bulunmaktadır (Ahmed vd. 2020). Sodyum ve potasyum domatesteki en önemli iki mineral maddedir. Mineraller pH ve titrasyon asitliği üzerinde etkilidir, dolayısıyla, domatesin tadını önemli derecede etkilemektedir (Petro-Turza 1987). Domates ve domates bazlı ürünler yüksek antioksidan içeriklerinden ötürü insan sa lı ına oldukça faydalıdır. Birçok hastalığın önlenmesi veya geciktirilmesi için tüketimi önerilmektedir. Meyvede bulunan polifenoller ile karotenoidler antikanser ve bağışıklık sistemi düzenleyici etkilere sahip önemli antioksidan bileşiklerdir (Ali vd. 2020). Olgun domates meyvesinde bulunan başlıca karotenoidler; likopen (%90),  -karoten (%5-10), lutein (%1-5) ve eser miktarda (%1’den az) diğer karotenoidlerdir (Ronen vd. 1999). Karotenoidler ve polifenolik bileşikler besin değerine katkıda bulunurken tat, aroma ve tekstürel özellikler gibi işlevsel ve duysal niteliklerini de oluşturmaktan sorumludur. Çizelge 2.1’de domatesin genel bileşim ögeleri verilmiştir.

Domatesteki başlıca karotenoid olan likopen meyvenin karakteristik kırmızı renginden sorumludur. Renklendirici ve antioksidan özellikleri nedeniyle yaygın olarak gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. En y gun likopen içeriğinin domates meyvesinin kabuk kısmında olduğu bilinmektedir (Siddiqui vd. 2015). Domatesin olgunluk derecesi likopen miktarını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Yapılan bir çalışmada domatesin olgunluk aşamaları incelenmiş ve erken olgunluk aşamasından tam olgunluk evresine kadar likopen içeriğinde %36,59’luk bir artış gözlemlenmiştir (Antala vd. 2025). Karotenoidlerin insan sağlığı açısından önemli olduğu, kanserin önlenmesi, kardiyovasküler sistemin desteklenmesi ve ba ı ıklı ı düzenlenmesi gibi çeşitli yararlar sunduğu bildirilmektedir (Riccioni vd. 2008). G recka vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada pi mi  ve işlenmiş domates ürünlerinde likopen miktarının ve biyoyararlılı ının taze domatese göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Salça, posa ve taze domates arasından kuru madde bazında likopenin en yüksek düzeyde bulunduğu ürünün domates salçası olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2.1. Domatesin genel bileşim öğeleri (Petro-Turza 1987)

İçerik	%
Glukoz	25
Fruktoz	22
Sakkaroz	1
Sitrik asit	9
Malik asit	4
Askorbik asit	0,5
Protein	8
Pektik maddeler	7
Selüloz	6
Hemiselüloz	4
Mineraller	8
Lipitler	2
Pigmentler	0,4
Amino asitler, vitaminler ve polifenoller	3
Uçucu bileşikler	0,1

Domates klimakterik bir meyve olduğu için olgunlaşma esnasında bileşik yoğunluğu değişmektedir (Pan vd. 2023). Bu bağlamda Baldwin ve arkadaşlarının çalışması (1991) incelendiğinde Sunny cinsi domateste olgunlaşma sırasında öjenol bileşiğinin yoğunluğu azalırken 2-izobutil tiyazol, 6-metil-5-hepten-2-on, cis-3-heksenal, geranil aseton, hekzanal aseton ve trans-2-heksenal bileşiklerinde konsantrasyonun artmaya devam ettiği rapor edilmiştir.

Domates pazarının büyüklüğü gün geçtikçe artmaktadır. Yılda 4,85 milyon hektar alanda yaklaşık 182 milyon ton domates üretilmektedir (FAOSTAT 2019). FAO verilerine göre 2022 yılında dünya domates üretimi yaklaşık 186 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Çin dünya genelinde ilgili tarımsal ürünün üretiminde %23 pay ile lider konumunda bulunmaktadır (FAO 2024).

Türkiye sahip olduğu elverişli iklim koşulları sayesinde domates üretiminde önemli bir role sahiptir. TÜİK verilerine göre Türkiye'nin 2023 yılı itibarıyla sebze üretimi yaklaşık 31,8 milyon tondur ve en fazla üretimi yapılan sebze olan domatesin üretimi 2023 yılında 13,3 milyon ton olmuştur (TEPGE 2024). Üretim oranı açısından 2023 yılı toplam sebze üretiminde %40,8 paya sahiptir. Ülke çapında domates üretimi

hem açıkta hem de örtü altında yapılmakta olup örtü altında üretilen domates üretimi toplam domates üretiminin %31,3'lük kısmını oluşturmaktadır. Üretilen domates büyük oranda (%66) sofralık olarak değerlendirilirken kalan kısım endüstriyel hammadde olarak değerlendirilmektedir (Türk vd. 2019).

Küresel ve ülke çapında önemli bir konuma sahip olan domatesin öne çıkan özellikleri; besleyici değeri, zengin biyoaktif bileşikler ve kolay işlenebilirliği olarak sıralanmaktadır. Taze tüketiminin yanı sıra çorba, meyve suyu, sos ve salça gibi işlenmiş ürünlerde de kullanılmaktadır. Bileşimindeki organik asitler (sitrik ve malik), şekerler (glukoz ve fruktoz) ve uçucu bileşikler sayesinde farklı karakterlerdeki tatların dengeli bir kombinasyonunu güçlü bir aroma ile oluşturmaktadır (Tieman vd. 2012).

Açık tarım arazisinde ve örtü altı yetiştiriciliği olarak tanımlanan seralarda hasat esnasında meyve ve sebzelerin tonlarca atığı oluşmaktadır. Yüksek üretim payı göz önüne alındığında domates bitkisinin atık kısmının çok fazla olduğu anlaşılmaktadır. Çoğu zaman bu atık kısım önemsiz sayılmakta ya da üreticiler tarafından nasıl değerlendirileceği bilinmemektedir. Bitkinin hem meyve kısmından gelen atıklar hem de vejetatif kısmından gelen atıklar birbirinden farklı niteliklere sahiptir. Günümüzde üretim sırasında ortaya çıkan meyve kayıplarının geri kazanım çalışmaları seyrek de olsa gözlenmektedir. Domates bitkisinin yeşil aksamının değerlendirilmesi hakkında çalışmalar ise sınırlı sayıdadır (Chang 2024; Løvdal vd. 2019).

Seracılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı Antalya Kumluca bölgesinde, yapılan araştırmalara göre, yalnızca domates seralarından her yıl yaklaşık 112 bin ton biyokütle atığı üretilmektedir (Kürklü vd. 2004). Durmuş ve Kızılkaya (2018) çalışmasında domatesin kök, gövde, sap ve yaprak atıklarından kompost elde etmeyi amaçlamışlardır. Bu işlem hayvan gübresi ve topraktan elde edilen mikrobiyal ekstraktın atık kısma aşılması ile yapılmıştır. Kompostun pH değerlerine ve karbon/azot oranlarına bakıldığında tarım topraklarında güvenilir bir şekilde kullanılabilecek düzeylere ulaştığı saptanmıştır. Bu sonuç, domates atıklarının değerlendirmeye tabi tutulabileceğini göstermektedir.

2.2. Domates Aromasının Kimyasal Özellikleri

Lezzet, tat ve aromanın birleşiminden oluşan bir algıdır. Gıdalarda tat ve aroma birbirinden ayrı algılanan duyuşsal unsurlardır. Tat çoğunlukla dil ile algılanan beş temel (tatlı, tuzlu, ekşi, acı, umami) bileşenden oluşur. Aroma ise, gıdanın kokusunu ve karmaşık duyuşsal profilini belirlemektedir. Gıdalarda aroma oluşumunun temelini uçucu ve uçucu olmayan bileşikler oluşturmaktadır. Bu bileşiklerin her biri kendine özgü tat ve koku özelliklerine sahiptir. Tüketicilerin gıda tercihlerini şekillendiren başlıca unsurlar arasında lezzet ve aroma önemli bir yer tutmaktadır (Kadıoğlu 2024).

Aroma oluşumu, yalnızca gıdada bulunan uçucu bileşiklerin varlığıyla sınırlı olmayıp gıda matrisinin yapısı, protein-yağ-karbonhidrat kompozisyonu, viskozite ve doku özelliklerinin ortak etkisiyle belirlenmektedir. Ayrıca ısı işlem, fermentasyon, oksidatif reaksiyonlar ve depolama süreçleri aroma profilinde değişikliklere yol açabilmektedir. Bu süreçte yeni uçucu bileşikler oluşabilmekte, mevcut bazı bileşiklerde kayıp yaşanmakta ve bileşiklerin göreceli dağılımında değişimler meydana gelebilmektedir. Bu değişimler ürünün tat ve aroma algısında anlamlı farklılıklar oluşturabilmektedir.

Yaygın uçucu bileşikler arasında oksijenli alifatik hidrokarbon türevleri (alkoller, aldehitler, ketonlar, asitler ve esterler), aromatik bileşikler, terpenler, kükürt içeren bileşikler ve azot içeren bileşikler bulunur. Bu uçucu bileşikler kimyasal özellikleri büyük ölçüde moleküler yapılarındaki fonksiyonel gruplar tarafından belirlenir (Selli ve Büyükkurt 2020).

Doğal olarak oluşan aroma bileşikleri çok çeşitli fonksiyonel gruplara aittir. Örneğin kahve gibi tek bir gıda ürünü, farklı fonksiyonel gruplardan 1000'den fazla bileşiğe eşdeğer uçucu madde karışımı içerebilmektedir (Pua vd. 2022). Gıdalardan izole edilen 7000'e yakın uçucu bileşiğin yalnızca %5'i gıda aromasına katkıda bulunmaktadır. Uçucu organik bileşikler, meyve ve sebzelerde aroma özelliklerinin temel belirleyicileridir. Hangi bileşik sınıfının baskın olduğu ise büyük ölçüde gıdanın türüne bağlıdır (Belitz vd. 2009).

Organik asitler, moleküler yapıları ve algılama eşik değerlerindeki farklılıklar nedeniyle gıdaların aroma profiline çeşitli şekillerde katkı sağlayan temel koku bileşiği gruplarından birini oluşturmaktadır. Birincil ve ikincil alkoller fermente gıdalarda biyokimyasal süreçler sonucu oluşabilen ve bitkisel kaynaklarda doğal olarak yer alan temel uçucu aroma bileşiklerindendir. Bu bileşiklerin gıdaların aromasına katkıları ise karbon zinciri uzunluğu, fonksiyonel grup yapısı, uçuculuk düzeyi ve algılama eşiği gibi kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Tylewicz vd. 2022).

Meyvelerin aromasında, niteliksel ve niceliksel açıdan belirli örüntülere sahip uçucu organik bileşikler hem bağımsız biçimde hem de birbirleriyle etkileşim içinde çalışarak geniş bir aroma çeşitliliği oluşturmakta ve farklı meyve türlerine özgü aroma özellikleri kazandırmaktadır. Farklı meyvelerde aroma bileşiklerinin yoğunlukları ve çeşitliliği üzerine kapsamlı analizler yapılmıştır. Örneğin, GC-MS analizleri sonucunda çilekte 900'den fazla uçucu bileşik belirlenmişken, turunçgil türlerinde yaklaşık 200 aroma bileşiği tanımlanmıştır (Zhang vd. 2017; Ulrich vd. 2018). Çeşitli çalışmalar, domates, karpuz ve limonun karakteristik otsu aromalarının çoğunlukla alkoller, aldehitler ve karotenoid türevleri gibi uçucu bileşiklerin bileşiminden kaynaklandığını ortaya koymaktadır.

Bitkisel aromayı oluşturan uçucu organik bileşikler oldukça çeşitlidir ve kimyasal yapılarına göre terpenler, benzen türevleri ve yağ asidi kökenli bileşikler şeklinde sınıflandırılabilir. Bu gruplar içerisinde terpenler en geniş grubu oluşturmakta olup fenilalanin türevi fenilpropanoidler ise bitkilerde terpenlerden sonra en yaygın ikinci uçucu bileşik sınıfını oluşturmaktadır. Metil jasmonat ve cis-3-hekzenol gibi yağ asidi kökenli bileşikler ise bitkisel uçucu organik bileşiklerin üçüncü ana sınıfını oluşturmaktadır. Gıdaların uçucu profillerinde yer alan her bir bileşik kendine özgü aromatik özellikler sergilemekte olup, literatürdeki bulgular meyve türleri arasında ana aroma-aktif bileşikler açısından belirgin farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Her meyve grubunda karakteristik tat ve aroma algısını şekillendiren özgün bileşikler ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda Fuji elmasında karakteristik aromanın oluşumunda n-bütül 2-metilasetat ile heksil asetatın belirleyici olduğu bildirilmektedir. Muzlarda baskın aroma bileşiklerini ise 2-metilpropil bütirat ve ortonitrofenil- β -D-fükopiranozid oluşturmaktadır. Kivi meyvesinde ise etil bütirat, cis-2-hekzen-1-ol ve cis-2-hekzenal temel aroma bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Pino ve Febles 2013; Qin vd. 2017; Liang vd. 2022). Yeşil meyvelerde algılanan acı tadın oluşumunda 1-okten-3-ol,

benzaldehit, benzenasetaldehit, öjenol ve gayakol gibi uçucu bileşiklerin belirleyici olduğu; kırmızı meyvelerde ise ekşilik ve tatlılık algısını etkileyen başlıca uçucu bileşiklerin 3-metil-1-bütanol ile feniletıl alkol olduğu rapor edilmiştir (Zhang vd. 2024). Domates üzerine yapılan bir çalışmada, tatlılık algısına katkıda bulunan uçucu maddelerin benzen türevleri, karotenoid ve yağ asidi kökenli uçucular ile aromatik olmayan amino asit türevi bileşikler kapsadığı bildirilmiştir. Bu bulgular, söz konusu organik uçucu bileşiklerin domates meyvesinde hem asitlik hem de tatlılık algısının oluşumunda belirleyici rol oynadığını göstermektedir (Colantonio vd. 2022).

Aroma bileşiklerinin belirlenebilmesi için öncelikle gıda matrisindeki uçucu ve yarı uçucu bileşiklerin uygun bir yöntemle izole edilmesi gerekmektedir. Literatürde bu amaçla yaygın olarak kullanılan geleneksel izolasyon teknikleri arasında solvent ekstraksiyonu, distilasyon ve soğuk presleme yöntemleri yer almaktadır. Buna ek olarak, son yıllarda süperkritik akışkan ekstraksiyonu, ultrason destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, ohmik destekli hidrodilasyon ve enzimatik ekstraksiyon gibi yenilikçi yöntemler de aroma bileşiklerinin verimli bir şekilde elde edilmesinde tercih edilen modern yaklaşımlar arasında bulunmaktadır (Tylewicz vd. 2022). Ancak bu yöntemler azeotropik karışım halindeki fraksiyonların birbirinden ayrılması için uygun olmayıp toplam uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu için uygundur. Ekstraksiyon sonrasında elde edilen uçucu bileşiklerin kimyasal analizi ve tanımlanması için genellikle GC-MS, HS-GC-MS, SPME-GC-MS ve AEDA metotları kullanılmaktadır (Güneşer ve Yüceer 2010).

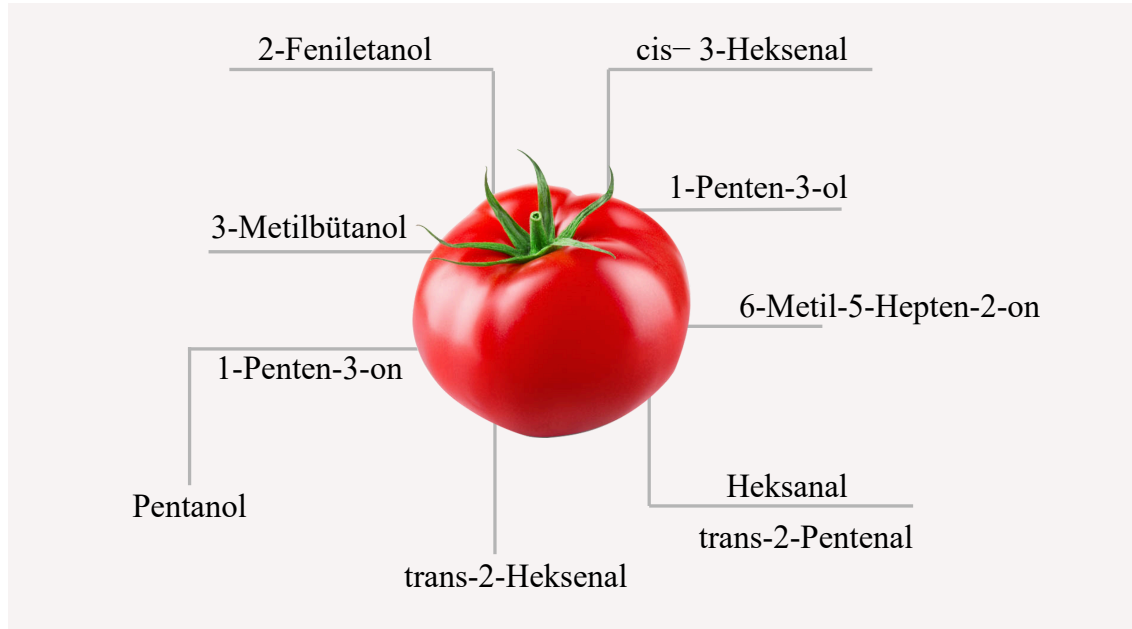
Domateste tespit edilen başlıca uçucu aroma bileşikler, ketonlar, alkoller, aldehitler, fenoller, esterler, heterosiklik bileşikler ve azot, oksijen ve kükürt içeren bileşikler gibi farklı kimyasal gruplara aittir. Bunlar arasında alkoller meyve tatlılığı algısına katkıda bulunurken, aldehitler yeşil ve ferah aromadan sorumludur. Ketonlar ise genellikle meyvemsi ve çiçeksi notalar verirken esterler daha düşük konsantrasyonlarda mevcut olsalar da meyvemsi aromalara katkıda bulunmaktadır (Tylewicz vd. 2022).

Domatesin genel karakteristik tadı ve lezzet yoğunluğu başlıca fruktoz ve glukoz gibi indirgen şekerler; sitrik asit, potasyum ve fosfat gibi uçucu olmayan bileşikler ile uçucu bileşiklerin etkileşimiyle oluşmaktadır. Taze domateslerde 400'ün üzerinde uçucu aroma bileşiği bulunmakla birlikte bunların yalnızca yaklaşık 30'u domatesin karakteristik lezzetine anlamlı katkı sağlamaktadır. Domatesin aroma maddelerinin bileşimi çeşide, olgunluk derecesine, yetiştirme yönetimine ve hasat sonrası işlemlere bağlıdır (Petro-Turza 1987). Zhang vd. (2024) yaptıkları çalışmada olgunlaşma süreci boyunca meyvede 1-penten-3-ol, 1-penten-3-on, 1-pentanol ve 3-metil-1-pentanol gibi uçucu bileşiklerin düzeylerinin arttığını bildirmiştir. Ayrıca olgunlaşmayla birlikte domatese özgü uçucu bileşiklerin hem çeşitliliğinde hem de yoğunluklarında belirgin bir artış gerçekleştiği ifade edilmiştir.

Domates meyvesinin besleyici kalite özelliklerini etkileyen ve tüketici tercihleriyle ilişkilendirilen başlıca uçucu bileşikler arasında çiçeksi notalar veren 2-fenilasetaldehit, maltımsı aromayla bağlantılı 3-metilbütanol, meyvemsi-çiçeksi karaktere sahip 6-metil-5-hepten-2-on ve taze çimensi tonlar oluşturan hekzanal yer almaktadır (Wang vd. 2015; Kaur vd. 2023). Karakteristik aromasını oluşturan ana bileşikler Buttery (1993) tarafından cis-3-heksenal, hekzanal, cis-3-heksenol, β -iyonon, β -damaskenon, 1-penten-3-on, 3-metilbütanol ve 2-izobütiltiyazol olarak tanımlanmıştır.

Benzer olarak diğ er bir çalışmada heksanal, cis-3-heksenal, trans-2-heksenal, heksanol, cis-3-heksenol, 2-izob utiltiazol, 6-metil-5-hepten-2-on,  -iyonon, geranil aseton, 1-penten-3-on, 3-metilb utanol, metilb utanol, feniletanol, 2-pentenal, aseton, etanol ve metanol domatesin karakteristik aromasını oluştur an bileşikler olarak listelenmiştir (Buttery ve Ling 1993). Bu bileşikler doğal domates aromasının yapıtaşlarını oluşturmaktadır. Başlıca domatesin aromasını oluştur an cis-3-heksenal bileşiği karakteristik taze kesilmiş domates kokusunu veren en önemli bileşiklerden biridir. 2-izob utiltiazol bileşiğinin ise domatesin yeşil ve baharlı kokusuna katkı vermekte olduğu bilinmektedir. Ek olarak trans-2-heksenal ve heksanal karakteristik yeşil, taze, kesilmiş ot benzeri kokuyu veren başlıca uçucu bileşiklerden biridir (Buttery vd. 1971). şekil 2.1’de domatese özgü başlıca uçucu aroma bileşikleri yer almaktadır.

Gıda  r nlerinde domates aroması, hem meyvenin kendisinden elde edilen ekstraktlarla hem de biyoteknolojik yollarla sentezlenen yapay aroma bileşikleri aracılığıyla oluşturulabilmektedir. Atık olarak değerlendirilen domates posasından biyoaroma üretimini amaçlayan çalışmada, *Kluyveromyces marxianus* ve *Debaryomyces hansenii* mayaları kullanılmıştır. Domates posasının zengin besin içeriği mikrobiyal büyümeye olanak sağlayacağı için biyoaroma üretiminin oldukça öngörülebilir olduğu anlaşılmaktadır. Fermente edilmiş domates posasında algılan an pişmiş domates, yeşil fasulye ve  i ek benzeri aromaların izoamil asetat, metil pentanoat ve fenetil alkol ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Böylelikle ba ı karakteristik bileşiklerin mikroorganizmalar tarafından fermentasyon yoluyla üretilebileceği saptanmıştır (Güneşer vd. 2015). Yağ asitleri, karotenoidler ve amino asitlerden türetilmiş uçucu bileşikler, domatesin aroma profilinin oluşumuna olumlu katkı sağlamaktadır. Örneğin  -karoten türevi bir bileşik olan  -iyonon ve likopenden türetilmiş geranil aseton bileşiği domates aroması üzerinde güçlü etkilere sahiptir (Liu vd. 2018).



şekil 2.1. Domatesin karakteristik uçucu aroma bileşikleri

2.3. Fraksiyonel Damıtma Yöntemi Kullanılarak Uçucu Bileşiklerin Elde Edilmesi

Aromatik bileşiklerin uzaklaştırılmasında sıcak buharın kullanıldığı tüm ekstraksiyon süreçleri damıtma olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda fraksiyonel damıtma bir karışımdaki iki veya daha fazla bileşiğin uçuculuk farklılıklarına göre birbirinden ayrılmasını sağlayan özel bir uygulamadır. Ayrımın etkinliği sistemin basınç ve sıcaklığıyla birlikte bileşiklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Silvestre vd. 2016). Ayrımın etkinliği yalnızca karışımdaki bileşiklerin özelliklerine değil, aynı zamanda sıvı ve buhar fazları arasındaki kütle ve enerji transferinin gerçekleşme düzeyine de bağlıdır. Bu nedenle, dolgu kolonlarda kullanılan dolgu materyalinin türü, kolon çapı ve yüksekliği gibi tasarım parametreleri ayırıştırma performansını doğrudan belirlemektedir (Do vd. 2021).

Literatürde gıdalarda fraksiyonel damıtmanın kullanımına ilişkin bilgiler oldukça sınırlıdır. Bunun temel nedeni bu tekniğin çoğunlukla ham petrol, solventler veya sentetik karışımların saflaştırılmasında kullanılan, özellikle petrokimya ve kimya endüstrisine özgü bir proses olmasıdır. Bitkisel kökenli materyallerden (bitkiler, meyve kabukları, otlar ve baharatlar) elde edilen uçucu yağların ve bu materyallerin ekstraktlarının uygulanan fraksiyonel damıtma süreçleriyle farklı fraksiyonlara ayrılabilirdiği de literatürde bildirilmektedir.

Uçucu yağların bileşiklerine ayrılması ve saflaştırılması amacıyla birçok çalışmada fraksiyonel damıtma yöntemi kullanılmıştır. Yeşil mandarin uçucu yağının damıtılmasıyla aroma fraksiyonlarının ayrılmasını amaçlayan çalışmada damıtma işlemi yağın bileşiklerini ayırmak için çeşitli sıcaklık ve basınçlarda tutulduğu vakumlu fraksiyonel damıtma düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Raschig halkaları ile doldurulmuş kolon, vakum pompası ve otomasyon sisteminden oluşan bir deney düzeneği hazırlanmış; 10 kPa basınçta çalıştırılan düzenekte her kolon kademesinden ayrı örneklem alınmıştır. Ham yağ analizinde temel bileşiklerin D-limonen ve γ -terpinene olduğu görülmüştür. Daha uçucu olan terpenlerin kolonun üst kademelerinden tamamen uzaklaştığı, alkoller, aldehitler, fenoller ve eter fonksiyonlu bileşiklerin kolonun alt kademelerinde yoğunlaştığı saptanmıştır. Ayrıca bazı bileşiklerin konsantrasyonlarının damıtma işlemi öncesine kıyasla arttığı görülmüştür. Sonuçlar vakumlu fraksiyonel damıtmanın kimyasal sınıfların ayrılmasında etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca uygulanan vakum karışımın kaynama noktasını düşürerek ısıl bozunma riskini büyük ölçüde azaltmıştır (Silvestre vd. 2016).

Do ve diğerleri (2021), gıda, kozmetik ve farmasötik alanlarda yaygın olarak kullanılan limon otu uçucu yağının vakumlu fraksiyonel distilasyon yöntemiyle elde edilmesini amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bileşiklerin tanımlanmasında GC-MS sistemi kullanılmıştır. Çalışmada kolon yüksekliği ve mutlak basınçlar değişken olarak incelenmiştir. Sonuçlar kolon yükseldikçe ayırma veriminin arttığını göstermiştir. Araştırmada mutlak basınç 15, 50 ve 80 mmHg olmak üzere üç farklı seviyede uygulanmıştır. Mutlak basıncın düşürülmesiyle birlikte işlem süresinin kısaldığı, daha düşük sıcaklıklarda çalışılabildiği ve buna bağlı olarak termal bozunma riskinin azaldığı belirlenmiştir. Limon otu yağının başlıca bileşiği olan citral bileşiğinin toplam geri kazanımının en yüksek 15 mmHg mutlak basınç değerinde gerçekleştiği görülmüştür. Bu da düşük basınçta daha fazla citral bileşiğinin buhar fazına geçtiğini göstermektedir.

García-Fajardo vd. (2023) yaptıkları çalışmada portakal kabuğundan elde edilen uçucu yağın iki farklı distilasyon yöntemi kullanılarak fraksiyonlarına ayrılması ve başlıca bileşik olan D-limonen açısından zengin fraksiyonların elde edilmesi amaçlamıştır. Bu kapsamda moleküler distilasyon ile silinmiş film evaporatör (WFE) sistemine dayalı fraksiyonlu distilasyon teknikleri karşılaştırılmıştır. Uçucu bileşiklerin tanımlanması ise GC-MS analiz sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her iki distilasyon tekniğinin de belirli avantajlara sahip olduğu rapor edilmiştir. Düşük basınç altında çalışan fraksiyonlu distilasyon bileşiklerin uçuculuk farklarına dayalı olarak ayrılmasını sağlayan bir yöntemdir ve kolon içerisinde kullanılan dolgu malzemesi (raschig halkaları) ayırım verimliliğini artırmaktadır. Bu çalışmada ise klasik fraksiyonlu distilasyon yaklaşımı, silinmiş film evaporatör (WFE) sistemiyle birleştirilerek hibrit bir proses tasarlanmış ve böylece her iki yöntemin avantajlarının aynı sistemde bir araya getirilmesi hedeflenmiştir. Ancak, tasarlanan hibrit sistemin oksijenli bileşiklerin ayırımında moleküler distilasyon kadar etkin olmadığı belirlenmiştir. Moleküler distilasyon yaklaşık 1,5–2,0 mmHg mutlak basınç koşullarında ve kısa kondensasyon mesafesinde çalışan, termolabil bileşiklerin bozulmadan ayrılmasına imkân veren kısa yol distilasyon tekniği olarak tanımlanmaktadır. Bulgular, hibrit sistemin özellikle hafif fraksiyonda D-limonen bakımından zengin ürün elde edilmesinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak sonuçlar, fraksiyonlu distilasyon ile WFE sisteminin bir arada kullanılmasının D-limonen zenginleştirmede avantaj sağladığını, ancak oksijenli bileşiklerin ayrılması açısından moleküler distilasyonun üstünlüğünü koruduğunu göstermektedir.

Fraksiyonel damıtma sistemleri uçucu yağların fraksiyonlanmasında yaygın olarak kullanılan etkili bir ayırma tekniğidir. Farklı mutlak basınç seviyeleri, rektifikasyon kolonunun yüksekliği ve kolon içindeki dolgu materyalinin özellikleri gibi proses parametreleri sayesinde hedef bileşikler uçuculuk farklarına bağlı olarak seçici biçimde ayrılabilir. Elde edilen fraksiyonların kimyasal bileşik profili ise genellikle GC-MS analizleri ile belirlenmektedir (Do vd. 2021; García-Fajardo vd. 2023).

2.4. Domates İşleme Atıkları Üzerine Çalışmalar

Kabuk, çekirdek ve posa gibi atıklar domates işleme fabrikalarında sıkça karşılaşılan atık tipleri olarak bilinmektedir. Bu atıkların gübre ve hayvan yemi gibi düşük ekonomik değer taşıyan yan ürünlerin üretiminde kullanılması mümkün görülmektedir (Strati ve Oreopoulou 2014).

Literatürde ağırlıklı olarak işleme atıklarından likopen geri kazanımı üzerine çalışmalar bulunmaktadır. İşleme sırasında ortaya çıkan domates posasının ticari değerinin düşük olmasına rağmen önemli miktarda likopen ve diğer biyoaktif bileşikler içermektedir. Domates işleme atıklarından likopen ve β -karoten izolasyonunu amaçlayan bir çalışmada domates salçası üretiminden çıkan atık posa kullanılmıştır. Konvansiyonel organik çözücü ekstraksiyonu ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemleri karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak ultrason destekli ekstraksiyonda maksimum likopen ve β -karoten veriminin 90 W güç, 15–30 dk süre koşulları ile elde edildiği, konvansiyonel organik çözücü ekstraksiyonuna göre hem daha kısa sürede hem de daha yüksek verimle ekstraksiyon sağladığı tespit edilmiştir (Yılmaz vd. 2017).

Domates işleme endüstrisinden çıkan atık karışımı likopen ve diğer biyoaktif bileşikler açısından çok zengindir. Domatesin en yüksek konsantrasyonda likopen içeriği kabuk ve çekirdek bölümlerinde bulunmaktadır. Bu nedenle endüstriyel atık biyoaktif bileşik ekstraksiyonu için ideal bir kaynaktır. Domates kabukları ve çekirdeklerinin yüksek likopen ve karotenoid içerdiği ve bu nedenle en değerli kaynaklardan birisi olduğu bilinmektedir. Domates işleme endüstrisinde çevresel açıdan sorun oluşturan büyük bir atık akımı olduğu ve geri kazanımın sürdürülebilirlik açısından önemli olduğu açıktır. Etanolün domates atıklarının güvenli biçimde ekstrakte edilmesine olanak tanınması, çevre dostu bir yaklaşım sunması ve solvent kalıntısı riskinin düşük olması nedeniyle birçok ekstraksiyon yönteminde çözücü olarak etanol kullanılmıştır. Mavridis vd. (2025) tarafından yapılan çalışmada ultrasonik banyo destekli ekstraksiyon yöntemi ile konvansiyonel manyetik karıştırılmalı ekstraksiyon tekniği karşılaştırılmış, böylece klasik ısı kontrollü karıştırma yönteminin ekstraksiyon veriminin ultrason uygulamasıyla kıyaslanması amaçlanmıştır. Ultrasonik banyo destekli ekstraksiyonda likopen, toplam karotenoid ve polifenol verimini artırmak için ultrason dalgalarının hücre duvarını parçalama etkisinden yararlanılmıştır. Ancak elde edilen bulgular beklentilerin aksine konvansiyonel ekstraksiyon yönteminin birçok parametrede ultrasonik yöntemle göre yaklaşık iki kat daha yüksek miktarda toplam karotenoid ve polifenol geri kazanımı sağladığını göstermiştir. Bu durumun ultrasonik işlem sırasında oluşan ani sıcaklık dalgalanmalarının likopen gibi ısıya duyarlı bileşiklerin bozunmasına yol açmasıyla ilişkili olabileceği ifade edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde domates işleme atıklarından biyoaktif bileşik geri kazanımı açısından karotenoidlerin ultrasonik işlemlere karşı duyarlılığı nedeniyle geleneksel manyetik karıştırılmalı ekstraksiyonun ultrasonik banyo ekstraksiyonuna kıyasla daha yüksek verim ve daha iyi bileşik stabilitesi sunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Başka bir çalışmada domates kabuklarından ekstrakte edilen karotenoidlerin enkapsülasyonu ile stabilitelerinin artırılmasına yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları karotenoidlerin gıda endüstrisinde kullanım potansiyelinin önemini ortaya koymaktadır (Horuz ve Belibağlı 2018).

Domates işleme atıklarından (domates salçası üretiminde açığa çıkan kabuk ve çekirdeklerden oluşan posa) likopen geri kazanımını konu alan başka bir çalışmada ultrason destekli ekstraksiyon (UDE), enzim destekli ekstraksiyon (EDE) ve süperkritik CO₂ ekstraksiyonu (SK-CO₂) yöntemleri kullanılmıştır. Likopen hidrofobik bir karotenoid olduğu için suda çözünmemektedir. Buna karşın, polar olmayan çözücülerde yüksek oranda çözünmektedir. Bu nedenle likopen molekülleri zeytinyağının sağladığı hem hidrofobik hem de lipofilik bir ortamda kolayca çözünmektedir. UDE’de çözücü olarak zeytinyağının seçilmesi doğa dostu natürel bir çözücü olmasından ötürü çevresel sürdürülebilirliği destekleyen niteliktedir. SK-CO₂ yönteminde ek olarak zeytinyağı kombinasyonunun likopen verimini önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. Aynı zamanda mevcut metotların beraber kullanımı ile verimin arttığı vurgulanmıştır (Nemli vd. 2021).

Driouich ve diğerleri (2016) tarafından yapılan çalışmada domates işleme endüstrisinde ortaya çıkan atık ürünlerin likopen ekstraksiyonu için kullanımı değerlendirilmiştir. Çalışmada üç farklı katı-faz ekstraksiyon yöntemi olan ultrason destekli ekstraksiyon (UDE), mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE) ve homojenizatör ısıtılmalı ekstraksiyon (HIE) karşılaştırılmıştır. Üç ekstraksiyon yöntemi

karşılaştırıldığında en yüksek verim MDE yöntemiyle elde edilmiştir. En düşük verim ise UDE yöntemi kullanılarak kaydedilmiştir; bu durum, söz konusu UDE metodunun pigment bozulmasına neden olduğunu göstermektedir. Mikrodalga ışıınımı ile hidrojen bağlarının kırılması, moleküllerin dönmesi ve iyonların hareketi gerçekleşmektedir. Bu mekanizma çözücünün matrise nüfuz etmesini kolaylaştırarak likopenin çözünmesini sağlamaktadır. Hızlı olması, az miktarda çözücü kullanımı, çevre dostu uygulama olması ve yüksek verimli olması nedeniyle en uygun yöntemin mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi olduğu belirlenmiştir.

Dünya genelinde yıllık 5,4-9,0 milyon ton domates posası üretildiği bildirilmektedir (Chabi vd. 2024). Dharshini vd. (2025) tarafından atıkların değerlendirme potansiyelini incelemek amacıyla yürütülen çalışmada ise hammadde olarak toptancı pazarından temin edilen çatlamış, ezilmiş veya aşırı olgunlaşmış domatesler ile ketçap üretimi sırasında oluşan domates posası kullanılmıştır. Pazar domates atıklarının taze domatese yakın özellikleri nedeniyle doğrudan gıda sistemlerine eklenmeye daha uygun olduğu belirtilmiştir. Her iki atık da likopen, fenolik bileşikler, β -karoten, pektin ve tohum yağı açısından zengin bulunmuştur. Bu bağlamda söz konusu atıkların sürdürülebilir değerlendirmeye uygun yüksek değerli gıda bileşikleri içerdiği belirtilmektedir.

Domates atıklarının gıda uygulamalarında değerlendirilebilmesi, nem içeriği, pH, toplam çözünmüş katı madde ve titre edilebilir asitlik gibi temel fizikokimyasal özelliklerin belirleyici rol oynadığı çeşitli pratik zorlukları beraberinde getirmektedir. Örneğin, domates posası atıkları, yaklaşık $81,3 \pm 1,87$ oranında ölçülen yüksek nem içeriğiyle tanımlanmaktadır. Bu nedenle, nemin kurutma işlemiyle uzaklaştırılması; ürünün raf ömrünün uzatılması ve sonraki proses adımlarının daha etkin şekilde yürütülmesi açısından kritik öneme sahiptir (Valle-Castillo vd. 2025). Diğer yandan, kurutulmuş domates kabuğu doğal olarak asidik bir karakter sergilemekte olup pH değeri yaklaşık 4,50 olarak raporlanmıştır. Bu durum, değerlendirme sürecinde dikkate alınmalıdır çünkü pH'a duyarlı biyolojik süreçleri sınırlandırabilen ve gıda ürünlerine ilavesi halinde ürünün duyuşal kabul edilebilirliğini azaltabilmektedir (Almeida vd. 2024). °Brix cinsinden ifade edilen suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) içeriği, taze domates yan ürünlerinin ticari kalitesini, tatlılık düzeyini ve asitlik algısını belirleyen önemli bir parametredir. Bu değer, domatesin olgunluk aşamasına bağlı olarak yaklaşık 4,1-4,7 °Brix aralığında değişim göstermektedir (Valle-Castillo vd. 2025). Şekerler ve organik asitler domatesin başlıca bileşiklerini oluşturduğundan, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ve titre edilebilir asitlik (TA) değerleri özellikle işleme endüstrisi açısından kritik öneme sahiptir (Bhandari vd. 2016).

Domates işleme sırasında pektinin korunması amacıyla domates mayşesi minimum 85 °C'ye kadar ısıtılmaktadır. Böylece domatesin sertliğinden ve elde edilen pulpun konsistensinden sorumlu olan pektini parçalayan pektolitik enzimler inaktif hale gelmektedir. Ancak bu aşamadaki ısıtma ve sonrasındaki palper aşamasında ve ayrıca konsantre (salça) üretimi sırasında brüdenin uzaklaşmasıyla birlikte önemli miktarda aroma kayıpları yaşanmaktadır. Özellikle evaporasyon sırasında çeşitli meyvelerden uzaklaşan brüdenin ilk %15-40 kısmında fazla miktarda aroma kaybı yaşandığı bildirilmektedir (Cemeroğlu 2009). Bu nedenle domatesin işlenmesi sırasında da brüdenin ayrılması kaçınılmaz olduğu için önemli düzeyde aroma kaybı yaşanmaktadır. Dolayısıyla domatesin vejetatif kısımlarından azeotropik karışım halindeki domates

meyvesinin baskın aroma bileşiklerini temsil eden fraksiyonların elde edilmesi durumunda domates pulpu ve konsantresinden üretilen birçok ticari ürünün aromatik açıdan zenginleştirilmesi mümkün olabilecektir.

2.5. Domates Bitkisinin Vejetatif Kısımları Üzerine Çalışmalar

Sektörde birincil olarak domates işleme atıklarının değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra domates bitkisi sökülme atıkları da önemli bir değer taşımaktadır. Ayrıca bitkinin vejetatif kısımlarının farklı yöntemlerle değerlendirilmesi de mümkündür. Bu alanda yürütülen araştırmaların sayıca yetersiz olduğu dikkat çekmektedir.

Di Blasi vd. (1997) domates bitkisi için hasat sonu gövde ve yaprak atığı miktarını 1,30 ton/da olarak belirtmiştir. Kaplan ve vd. (2001), Antalya ilindeki domates seralarından çıkan 330.625 ton bitki atığının çevreye dökülerek yakıldığını bildirmişlerdir. Çevresel kirliliğin önlenmesi amacıyla bitkisel atıkların tarımsal kullanım potansiyelini inceleyen bir grup araştırmacı (Kaygısız 1996; Sönmez vd. 2002), domatesin hasat sonu sökülme atıklarında azot (N), fosfor (P), potasyum (K) miktarlarının yüksek seviyelerde olduğunu tespit ederek Antalya bölgesinde kimyasal gübre eşdeğerinde yaklaşık 4000 ton N, P ve K'un kayba uğradığını rapor etmiştir. Domates bitkisinin farklı organlarının kimyasal bileşimleri analiz ederek gövde, yaprak ve meyvedeki minerallerin ortalama oranları belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen verilere göre yaprak kısmı azot, kalsiyum, magnezyum, mangan ve bakır açısından en zengin kısımdır. Gövde çinko içeriği açısından öne çıkarken meyve kısmı ise potasyum ve fosfor açısından öne çıkmaktadır. Bu bulgular domates bitkisinin çeşitli kısımlarında besin elementlerinin farklı yoğunluklarda bulunduğunu göstermektedir. Nitekim, daha güncel bir çalışmada Karaca (2017), Antalya'da örtü altı domates, biber ve patlıcan üretiminde yıllık toplam 202 bin ton biyokütle atığı oluştuğunu ve bunun 165,3 bin tonunun domates üretiminden kaynaklandığını bildirmiştir.

Chang ve Joye (2024), domates bitkisi atıklarının sürdürülebilir tarım perspektifiyle katma değerli ürünlere dönüştürülme potansiyelini incelemiştir. Özellikle sera üretiminde büyük miktarlarda bitkisel atık oluştuğu ve bu atıkların önemli bir kısmının yakıldığı veya toprağa gömüldüğü belirtilmektedir. Bu uygulamalar, çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik açısından olumsuz değerlendirilmektedir. Domates bitki atıkları; selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi lignoselülozik bileşiklerin yanı sıra çeşitli biyoaktif maddeleri içeren bir yapıya sahiptir. Bu kompozisyon, söz konusu atıkların biyoyakıt üretimi ve biyopolimer sentezi için uygun bir biyokütle kaynağı olduğunu göstermektedir. Geleneksel bir geri kazanım yöntemi olan kompostlama ise atıkların yüksek nem içeriği ve yetersiz azot düzeyleri nedeniyle tek başına optimum verim sağlayamamaktadır. Ancak, farklı organik materyaller ve hayvansal gübrelerle desteklenmesi halinde performans artışı sağlanabilmektedir. Ekstraksiyona dayalı yaklaşımlar açısından değerlendirildiğinde, bitkinin vejetatif kısımlarında bulunan solanesol, K1 vitamini ve tomatidin gibi değerli bileşikler farmakolojik uygulamalar için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca içerdiği terpen türevleri nedeniyle kimyasal pestisitlere alternatif doğal pestisit üretiminde kullanılabilirliği vurgulanmaktadır. Lif bazlı uygulamalarda ise domates vejetatif atıklarının kâğıt endüstrisinde hammadde olarak değerlendirilebileceği ifade edilmektedir. Genel olarak, domates bitkisi atıklarının yüksek potansiyelli bir biyokütle kaynağı olduğu ve kompost, biyoyakıt, ekstraksiyon

temelli ürün geliştirme ve kâğıt endüstrisi gibi çeşitli alanlarda değerlendirilebileceği sonucuna varılmaktadır. Benzer bir çalışmada (Durmuş ve Kızılkaya 2018) gövde, sap ve yaprak atıklarından kompost üretimi hedeflenmiş ve yalnızca vejetatif atıkların kullanılması durumunda kompostun pH değerleri ile karbon/azot oranlarının yeterli olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, hayvan gübreleri ile vitamin ve mineral açısından zengin ekstraktların eklenmesiyle bu parametrelerin uygun seviyelere ulaştığı saptanmıştır.

Arab vd. (2019) yaptıkları subkritik karbondioksit yöntemiyle domates yaprağı atıklarından fitokimyasal bileşiklerin ekstraksiyonu isimli çalışmada domates bitkisinin yaprak ve saplarının yeterince verimli bir şekilde değerlendirilmediğine ve geri dönüşümsüz şekilde atıldığına dikkat çekilmiştir. Araştırmada farklı ekstraksiyon metotları kullanılarak kurutulup öğütülerek toz hale getirilmiş yaprakta filokinon (K1 vitamini) miktarı, toplam fenolikler ve flavonoidler ölçülmüştür. Yüksek verimli sonuçlar vermesi ve çevre dostu bir uygulama olması subkritik karbondioksit (CO₂) ekstraksiyon yönteminin seçilmesi için önemli bir kriter olmuş; 8 farklı domates çeşidinin yapraklarının kullanılması sonuçların birbiri içinde kıyaslanması açısından kolaylık sağlamıştır. Toplam fenolik madde ve filokinon içeriği için en yüksek değer kumato çeşidi domatesin yaprağında ölçülmüştür. Bu değer bazı yeşil yapraklı sebzelerden daha fazla çıkması domates yaprağının çok iyi bir fitokimyasal deposu olduğunun kanıtı niteliğinde olmuştur. Amino asit içeriği analizinde bütün çeşitlerde baskın serbest amino asitlerin aspartik asit, glutamik asit ve lösin olduğu bulunmuştur. Başka bir çalışmada domates yaprağındaki aminoasitler ıspanak, brokoli ve su mercimeği ile karşılaştırmıştır. Sonuçlara bakıldığında domates yaprağında daha yüksek miktarlarda esansiyel aminoasit içeriği tespit edilmiştir (Rivero vd. 2001). Bu veriler doğrultusunda domates yaprak atıkları; vitamin K1, fenolikler, flavonoidler, proteinler bakımından zengin olduğu anlaşılmaktadır. Çalışma, tarımsal atıkların yeniden kullanımı ve sürdürülebilir tarım açısından önemli katkılar sunmaktadır.

Seralarda ve tarlada üretilen domates bitkisinden yetiştirilen meyve miktarı hasat sonu ortaya çıkan biyoatık oranıyla kıyaslanınca bitki artığı miktarının çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Ayala-Cortes vd. 2019; Duque-Acevedo vd. 2020).

Silva-Beltrán vd. (2014) yaptıkları bir çalışmada domates bitkisinin yaprak ve saplarının fenolik profili incelenmiştir. Araştırmada ekstraksiyon amacıyla solvent ekstraksiyonu ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemleri kullanılmıştır. Tespit edilen bileşikler yoğun olarak gallik asit, klorojenik asit ve kafeik asit olmuş, daha düşük konsantrasyonlarda ise kuersetin ve ferulik asit olmuştur. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde yaprak kısmının yüksek oranda fenolik bileşik içerdiği anlaşılmaktadır. Ayrıca domates bitkisinin de domates meyvesine benzer şekilde yüksek oranda lignin, hemiselüloz, selüloz ve protein içerdiği bildirilmiştir.

Domates yaprağında doğal olarak bulunan uçucu bileşikler, gıda ürünlerine taze yeşil sebze aroması kazandırmak amacıyla yaygın biçimde kullanılmaktadır. Tüketiciler, gıda uygulamalarında doğal olarak üretilen katkı maddeleri ve aromaları tercih etmektedir. Bu yüksek talep doğal aromaların üretimi için rekabetçi biyokatalitik yöntemlerin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Ayrıca, hekzenal ve trans-2-hekzenal gibi bazı uçucu bileşiklerin anti-mikrobiyal özellikleri, bu bileşiklerin gıda depolama ve

koruma süreçlerinde endüstriyel olarak kullanılmalarını mümkün kılmaktadır (Gigot vd. 2010).

Buttery vd. (1987) tarafından yapılan deneysel çalışmada bu tez çalışmasında kullanılan yönteme benzer şekilde domates bitkisinin yaprakları suda ezilerek parçalanmış ve elde edilen karışımdan GC-MS ile uçucu aromatik bileşiklerin profili çıkarılmıştır. Ardından karışıma sırasıyla CaCl_2 çözeltisi ile 2-oktanon iç standardı eklenmiştir. Elde edilen karışım üst boşluk gaz kromatografisi/kütle spektroskopisi (HS-GC-MS) sistemi ile analiz edilerek, uçucu bileşikler tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyonlarda gözlenen bileşikler heksenal, cis-3-heksenal ve trans-2-heksenal bileşikler olmuştur. Ek olarak, cis-3-heksen-1-ol ve 2-izobutiliazol bileşikler bazı kaynaklarda domates bitkisinin yaprak aromasında baskın bileşikler olarak tanımlanmıştır (Petro-Turza 1986). Çizelge 2.2’de domates yaprağında bulunan başlıca bileşikler verilmiştir. Diğer çalışmalarda, uçucu aroma bileşiklerini elde etmek amacıyla farklı yöntemlere tabi olan çeşitli ekstraksiyon yöntemlerinden bahsedilmiştir. Ancak, bu bileşikler değerlendirmek için yapılan çalışmalara rağmen, domatesin vejetatif kısımlarındaki aroma bileşikler üzerine yapılan araştırmalar eksik kalmıştır.

Çizelge 2.2. Domates yaprağında bulunan majör uçucu bileşikler (Buttery 1993)

Bileşik	Konsantrasyon (ppm)
Hekzanal	0,010
cis-3-Hekzanal	0,020
trans-2-Hekzanal	0,020
Hekzanol	0,030
cis-3-Hekzenol	0,15
α -Pinen	0,002
Limonen	4,000
2-Asetilfuran	0,004
Benzaldehit	0,005
Metil silikat	0,006
Gayakol	0,010
Benzil alkol	0,030
2-Fenetilalkol	0,040
Öjenol	1,000

Bu tez çalışmasında, domates üretimi sırasında ortaya çıkan bitki atıklarından doğal domates aroması elde edilmesi amaçlanmıştır. Atık halindeki domates yaprakları, sapları ve gövdelerinden, doğal domates meyvesinde bulunan uçucu aroma bileşiklerinin tespiti fraksiyonel damıtma sistemi ile gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, farklı mutlak basınçlarda (200, 400, 600, 800 ve 1000 mbar) ve kolon fraksiyon seviyelerindeki örnekler alınmış ardından domatesin vejetatif kısımlarında doğal domates aromasına ait uçucu bileşiklerin varlığı HS-GC-MS ile incelenmiştir. Son olarak, bileşik dağılımları belirlenmiş ve bu dağılımların basınç ve fraksiyon seviyelerine göre istatistiksel olarak farklılık gösterip göstermediği değerlendirilmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak Antalya yöresinde yetiştirilip Ekim-2024 döneminde hasat edilen salkım sırk domates (Şekil 3.1) ve sera söküm atıkları (Şekil 3.2) kullanılmış olup araştırma materyalleri Güney Agripark Tarımsal Araştırmalar San. ve Tic. A.Ş. ve Grow Fide A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Örnekler proses başlangıcına kadar aroma kaybını önlemek amacıyla -18 °C’de derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. Kontrol grubu domates örneği



Şekil 3.2. Domates bitkisinin sera söküm atığı

3.2. Metot

3.2.1. Üretim yöntemi

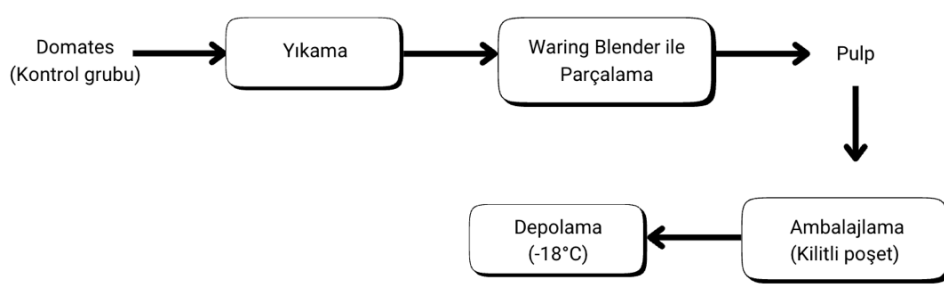
Tez kapsamında mayşelendirme aşamasında yalnızca saf su kullanılmıştır. Dolayısıyla mayşenin ısıtılmasıyla elde edilen brüde, su buharı ve uçucu aroma bileşiklerinden oluşmuştur. Domates bitkisinin vejetatif kısımlarında bulunan uçucu bileşiklerde kayıpların en az seviyeye indirilmesi amacıyla mayşelendirme işlemi soğuk su (<10 °C) kullanılarak yapılmıştır. Böylece katı formdaki yaprak ve sap-gövde gibi vejetatif kısımlar akışkan forma dönüştürülmüştür.

3.2.1.1. Kontrol grubunun hazırlanması

Bu çalışmada kontrol grubu olarak aynı çeşide ait taze domates meyvesinin olgunlaşmış örnekleri kullanılmıştır. Domates örnekleri önce ev tipi blender (Karaca Pro Multimax 6 in 1 2000 W) yardımıyla homojen bir pulp hâline getirilmiş (Şekil 3.3), ardından uçucu bileşiklerin elde edilmesi amacıyla buhar distilasyonu uygulanmıştır. Şekil 3.4’de kontrol grubu örneklerinin üretim yöntemi verilmiştir. Elde edilen destilat fraksiyonlarına ayrılmadan uçucu bileşik profilinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu destilatın içerdiği aroma bileşikleri kompozisyonu vejetatif kısımlardan elde edilen aroma fraksiyonlarıyla karşılaştırılmıştır.



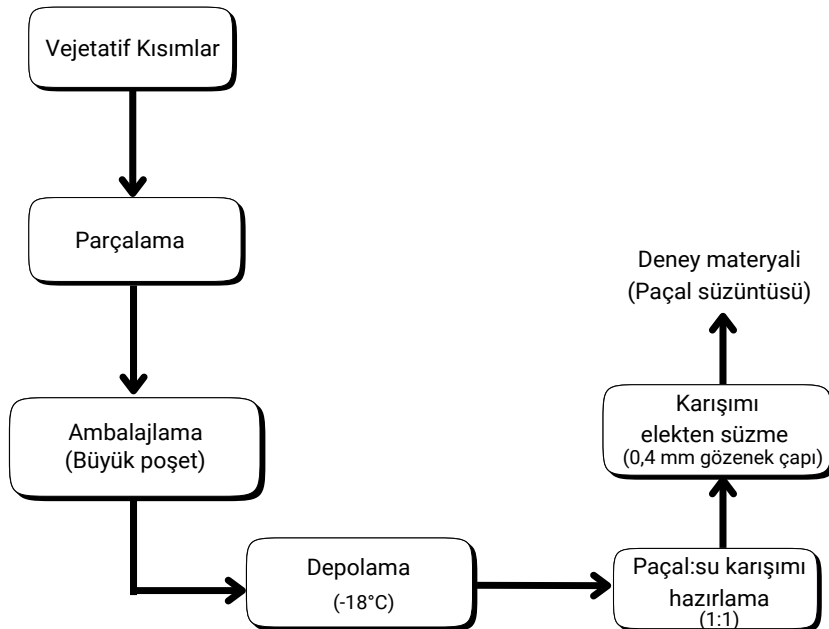
Şekil 3.3. Analize hazır hale getirilmiş domates pulpu



Şekil 3.4. Kontrol grubu üretimi akış şeması

3.2.1.2. Deney materyallerinin hazırlanması

Çalışmada aroma fraksiyonlarının elde edildiği materyal sera söküm atığı niteliğindeki domates bitkisinin sap, gövde ve yaprak kısımlarıdır. Bu bitkisel kısımlar toplandıktan sonra laboratuvar koşullarında küçük parçalara ayrılarak tasnif edilmiştir. Şekil 3.6’da vejetatif karışımın görselleri sunulmuştur. Analiz öncesi olası aroma kaybını azaltmak amacıyla derin dondurucuda $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de saklanmıştır. Tanımlayıcı analizler ve aroma fraksiyonlarının belirlenmesi için sap, gövde ve yaprak paçal haline getirilip 1:1 oranında saf su ile karıştırılarak ($<10\text{ }^{\circ}\text{C}$) blender ile (Karaca Pro Multimax 6 in 1 2000 W) parçalanıp mayşe elde edilmiştir (Şekil 3.5). Elde edilen mayşe içerisindeki odunsu kısımların uzaklaştırılması ve akışkan hale getirilmesi amacıyla 0,4 mm gözenek çapına sahip süzgeçten geçirilmiştir. Süzüntü kısmı ayrılmış ve bu süzüntü denemelerde kullanılacak materyali oluşturmuştur (Şekil 3.6). Materyal her mutlak basınç düzeyi (200, 400, 600, 800 ve 1000 mbar) için dört tekerrürlü olarak yeniden hazırlanmıştır.



Şekil 3.5. Deney materyali üretimi akış şeması



A

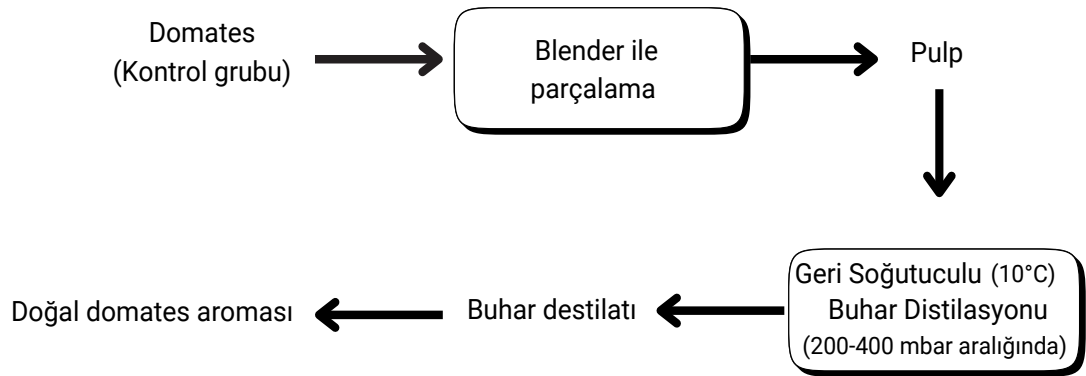


B

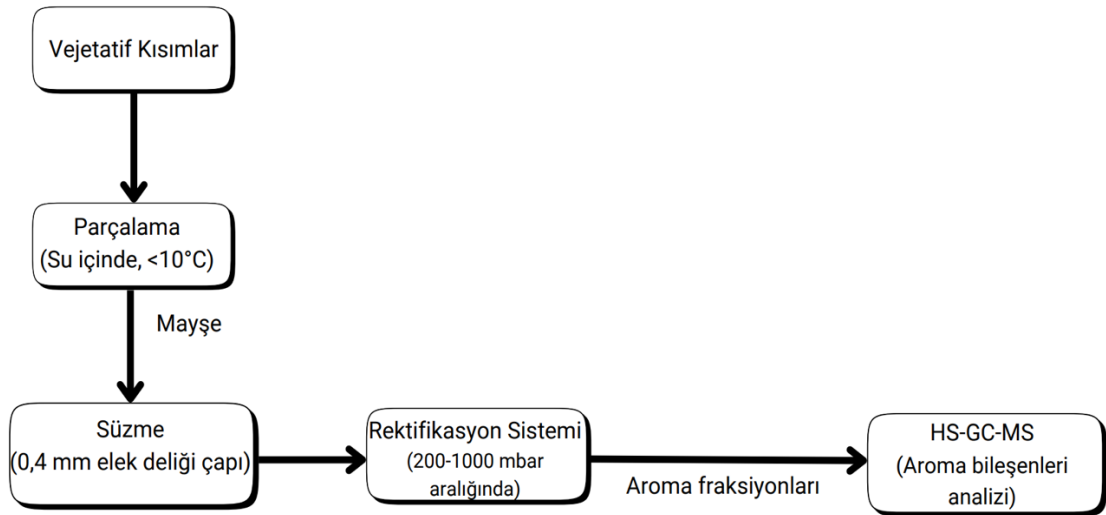
Şekil 3.6. Deney materyali süzüntü kısmı (A); parçalanmış vejetatif kısımlar (B)

3.2.1.3. Rektifikasyon kolonu ile fraksiyonel damıtma işlemi

Araştırmada kontrol grubu örneklerinin aroma destilatı için basit destilasyon işlemi uygulanmıştır. Bitkinin vejetatif kısımlarından aroma fraksiyonlarının elde edilmesi amacıyla kullanılan rektifikasyon sistemi ise ısıtıcı, vakum pompası, kondensatör, manometre, soğutma sistemi ve termometre entegreli altı adet kondensat çıkışından oluşmaktadır (Anonim 2024). Şekil 3.7 ve 3.8’de kontrol grubu ile vejetatif kısmın aroma fraksiyonlarının üretim akış şeması verilmiştir. Sistem 200, 400, 600, 800, 1000 mbar mutlak basınçlarında olmak üzere her deneme için yaklaşık 90 dakika çalıştırılmıştır. Farklı basınç koşulları sağlanıp karışımın kaynama noktasını değiştirilerek farklı uygulama sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Her bir denemede rektifikasyon kolonunun sıcaklık kontrolünün yapılabildiği beş çıkış noktası (fraksiyon seviyesi) ve tepe noktası olmak üzere altı farklı bölgeden örnek alınarak uçucu bileşik kompozisyonlarını belirlemeye yönelik örnek alımı yapılmıştır. Kolonda yoğunlaştırma yüzey alanını artırmak amacıyla dolgu malzemesi olarak cam Raschig halkalarından yararlanılmıştır (Silvestre vd. 2016). Mayşelendirme işleminden sonra elde edilen karışım doğrudan rektifikasyon kolonunun altındaki ısıtıcı bölmeye yerleştirilmiştir. Oluşan brüde kolona beslenmiş ve farklı sıcaklıklarda elde edilen buhar destilatı içerisindeki uçucu bileşikler rektifikasyon kolonunda fraksiyonlarına ayrılmıştır. Her basınç değeri için denemeler dört tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır. Altı fraksiyon seviyesinden numuneler alınarak HS-GC-MS analizine kadar -18 °C’de depolanmıştır. Şekil 3.9’da rektifikasyon sistemi görülmektedir.



Şekil 3.7. Domatesten aroma fraksiyonları (kontrol) üretimi akış şeması



Şekil 3.8. Bitki vejetatif kısımlarından aroma fraksiyonları üretimi akış şeması



Şekil 3.9. Rektifikasyon sistemi

3.2.2. Analiz metotları

3.2.2.1. Suda çözünür kuru madde tayini

Katı:sıvı oranı 1:1 olarak hazırlanmış vejetatif kısımların karışımının suda çözünür kuru madde miktarı dijital el tipi refraktometre (Atago, Japan) kullanılarak belirlenmiştir (Cemeroğlu 2007).

3.2.2.2. pH ve titrasyon asitliği tayini

Karışımından 20 ml örnek alınmış, oda sıcaklığında dijital pH metre (Ohaus, ST3100-B) ile ölçüm yapılarak pH değerleri belirlenmiştir (Cemeroğlu 2007). Titrasyon asitliği tayinini için ise karışımından 20 ml örnek alınarak önceden ayarlanmış 0,1 N NaOH çözeltisi ile pH 8,1 noktasına kadar titre edilerek harcanan NAOH miktarı belirlenmiştir. Titrasyon asitliği susuz sitrik asit cinsinden (%S.S.A.) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Titrasyon asitliği} = \frac{V \times E \times F \times 100}{M} \quad \text{Eşitlik (1)}$$

Burada;

V : Harcanan 0,1 N NaOH miktarı (ml)

E : 1 ml 0,1 N NaOH'e eşdeğer olan susuz sitrik asit miktarı (0,006404 g)

F : 0,1 N NaOH'in faktörü

M : Titrasyon için alınan örnek miktarı

3.2.2.3. Toplam kuru madde tayini

Örneklerin toplam kuru madde miktarlarını belirlemek için nem tayin cihazı (Shimadzu, MOC63u) kullanılarak elde edilen nem değerleri, kuru madde miktarının hesaplanması amacıyla 100'den çıkarılmış ve bu şekilde toplam kuru madde miktarları hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2007).

3.2.2.4. Viskozite (Konsistens) ölçümü

Hazırlanan karışımın viskozitesi Brookfield viskozimetre (DVII+ Pro, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Stoughton, Mass, ABD) cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm sırasında sıcaklık oda sıcaklığında (20 °C) sabit tutularak eş merkezli silindir geometrisine sahip SC4-21 probu kullanılarak 150 rpm'de ölçümler gerçekleştirilmiştir (Vigneshwaran vd. 2022). Analiz sonuçları cP cinsinden raporlanmıştır.

3.2.2.5. Aroma bileşikleri analizi

Tezin yürütüldüğü laboratuvarında HS-GS-MS cihazı bulunmadığı için aroma profilinin belirlenmesinde hizmet satın alınmıştır. Kıvrak, İ. ve Kıvrak, Ş. (2018)'e ait çalışma metoduna göre destilasyon işlemi sonucunda elde edilen numuneler, GC-MS analizleri öncesinde 2 mL hacimli viallere alınarak 1/5 (v/v) oranında aseton ile seyreltilmiş ve ardından cihaza enjekte edilmiştir. Analizlerin toplam süresi 65 dakika olarak belirlenmiştir. Uçucu bileşen analizleri, Thermo Scientific Trace 1300 gaz kromatografisi ile Thermo Scientific ISQ7000 Single Quadrupole kütle spektrometresi (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kromatografik verilerin değerlendirilmesinde Xcalibur yazılımı kullanılmıştır. Bileşiklerin ayrımı için analitik kolon olarak TraceGOLD TG-624SilMS GC kolonu (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, ABD) tercih edilmiştir. Uçucu bileşenlerin tanımlanması, elde edilen kütle spektrumlarının Wiley 1n.1 ve NIST 0.5 (National Institute of Standards and Technology) kütüphanelerinde yer alan referans spektrumlar ile karşılaştırılması yoluyla yapılmıştır. Tanımlanan her bir bileşik için moleküler iyonlar ile birlikte niteleyici iyonlar seçilmiştir. Cihazın enjeksiyon giriş sıcaklığı 250 °C olarak ayarlanmış, 2 µL enjeksiyon hacmi ve 1/5 split oranı kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum tercih edilmiş olup gaz akış hızı 1,5 mL/dk olarak sabitlenmiştir.

Fırın sıcaklık programı; başlangıçta 30 °C'de 3 dakika bekletme, ardından 4 °C/dk sıcaklık artış hızıyla 230 °C'ye yükseltme ve bu sıcaklıkta 12 dakika bekletme şeklinde uygulanmıştır. Dedektör sıcaklığı 280 °C olarak ayarlanmıştır.

Nicel analiz amacıyla, analitik saflıkta 1-hekzanol ve fenetil alkol bileşikleri temsilî dış standartlar olarak kullanılmıştır. Bu bileşiklere ait 0,1; 0,5; 1; 2 ve 5 mg/L konsantrasyon seviyelerinden oluşan beş noktalı kalibrasyon eğrileri oluşturulmuş ve elde edilen kalibrasyon grafikleri yardımıyla tespit edilen uçucu bileşenlerin miktar tayini gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.6. İstatistiksel analiz

Elde edilen bulguların istatistiksel analizleri SPSS İstatistiksel Yazılımı (Version 30.0; IBM Corp., Armonk, NY) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mutlak basınç ve fraksiyon seviyelerine göre %95 önem seviyesinde veri normalitesi ve varyans homojenliği test edilmiş olup uygun veri grubuna Kolmogorov-Smirnov testi ve Kruskal–Wallis H testi yapılmıştır. Tüm değerler dört ayrı tekerrürün ortalaması şeklinde verilmiş olup tablolarda ortalama $\pm$ standart hata ortalaması şeklinde belirtilmiştir.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Domates üretimi sırasında oluşan bitkisel atıklardan, domates aromasına yüksek düzeyde benzerlik gösteren doğal aroma fraksiyonlarının elde edilmesinin hedeflendiği bu çalışmada fraksiyonel damıtma prensibine dayalı rektifikasyon tekniği esas alınmıştır. Aroma uçucu bileşiklerinin farklı dağılımlar göstermesini sağlamak amacıyla çeşitli basınç koşulları oluşturulmuş; bu sayede domates aromasına en yakın bileşikler içeren uygun basınç değeri ve fraksiyon seviyesi belirlenmeye çalışılmıştır. Domates bitkisinin vejetatif kısımlarını oluşturan sap, gövde ve yaprakların karışımından elde edilen paçalın su ile mayşelendirilmesi sonucu oluşan karışım sisteme beslenmiş ve domates aroma bileşiklerine benzer uçucu bileşiklerin yakalanması hedeflenmiştir. Sap, gövde ve yapraktan oluşan vejetatif karışım paçal olarak isimlendirilmiştir.

4.1. Domates Pulpu ve Paçalın Bazı Tanımlayıcı Özellikleri

Bu çalışmada elde edilen domates pulpu ve paçal karışıma ait bazı tanımlayıcı özellikler Çizelge 4.1’de ile sunulmuştur. pH değerleri dikkate alındığında domates meyvesinin, paçala kıyasla daha asidik bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Toplam kuru madde ve suda çözünür kuru madde açısından paçal, domatese kıyasla daha yüksek değerler göstermiştir.

Çizelge 4.1. Domates pulpu ve paçalın bazı tanımlayıcı özellikleri

Örnek	pH	T.A. (% S.S.A)	SÇKM (%)	TKM (%)
Domates Pulpu	4,087±0,026	0,252±0,044	3,722±0,029	4,098±0,089
Vejetatif kısım:su (1:1)	5,502±0,040	0,293±0,032	5,400±0,154	4,776±0,503

Günümüze kadar yapılan bazı araştırmalarda domatestede pH değerlerinin 4,2-5,86 arasında seyrettiği gözlenmiştir (Gyimah vd. 2020; Oboulbiga vd. 2020; Ortega-Amaro vd. 2025). Diğer bir çalışmada ise domates meyvesinin asidik olduğu, pH değerinin yaklaşık 4,5 olarak ölçüldüğü vurgulanmıştır (Almeida vd. 2024). Asiditenin daha ayrıntılı değerlendirilmesi amacıyla domates pulpunun titrasyon asitliği verileri de incelenmiştir (Nanelo ve Jose 2023; Oboulbiga vd. 2020; Vigneshwaran vd. 2022). Benzer şekilde, domates pulpunun toplam kuru madde değerleri de farklı araştırmalar temel alınarak derlenmiştir. Buna göre toplam kuru madde düzeylerinin %5,5–6,1 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Aboagye-Nuamah vd. 2018; Kabir vd. 2024). Ham domatestede ise bu değer %7,8 olması nedeniyle olgunluk derecesinin domatesteki toplam kuru maddeyi etkilediği sonucuna varılmıştır (Almeida vd. 2022; 2023). Olgunlaşma süreci ilerledikçe domates dokusunda bağıl su oranının arttığı, buna karşılık toplam kuru madde içeriğinin azaldığı anlaşılmıştır. Bu doğrultuda elde edilen bulgular literatürdeki çalışmalarla desteklenmiştir.

Domates bitkisinin vejetatif aksamının (sap, gövde, yaprak) ve ayrı olarak saplarının pH değerlerinin incelendiği çalışmalarda (Silva-Beltrán vd. 2014; Monterumici vd. 2015; Nisticò vd. 2017; Akao 2018; Li vd. 2019) vejetatif kısımların pH aralığının 5,4-7,6 olduğu, sapların ise 7,9 değerinde olduğu belirtilmiştir. Toplam kuru madde analiz sonuçları incelendiğinde yaprakta %7,6–19,7 aralığında, sap kısmında ise %19,7–79,23 aralığında değiştiği görülmüştür. Tez çalışmasındaki paçal karışımının pH ve toplam kuru madde analizi verileri ile literatür verilerinin uyum içinde olduğu anlaşılmaktadır.

4.2. Viskozite (Konsistens) Ölçüm Sonuçları

Domates pulpu ve paçal karışımının viskoziteleri ölçülmüş olup her iki örnek grubunun da endüstriyel ölçekte pompalanabilirliği temsil eden 500 mPa.s referans değerinin oldukça altında kaldığı belirlenmiştir. Analiz sonuçları tekerrürlerin ortalamaları ve standart hata ortalamaları alınarak cP cinsinden raporlanmıştır. Buna göre, domates pulpunun konsistens değeri $83,120 \pm 0,836$ cP, paçalın ise $3,165 \pm 0,171$ cP olarak hesaplanmıştır. Standart ölçüm yapabilmek amacıyla pulp ve paçal örnekleri -18 °C’de depolanmış ve viskozite ölçümleri öncesinde oda sıcaklığında çözündürülerek eş sıcaklıkta analiz edilmiştir.

Domates pulpunun reolojik özelliklerini inceleyen bir çalışma viskozitenin depolama süresi, sıcaklık ve nem içeriği gibi işlem ve çevresel parametrelere bağlı olarak anlamlı düzeyde değiştiğini göstermiştir. Çalışmada, domates pulpunun en yüksek viskozite değeri 10 °C sıcaklıkta, depolamanın 6. gününde ve %90 nem içeriğinde 4324,6 mPa.s olarak ölçülmüştür. En düşük viskozite ise 15 °C sıcaklıkta, depolamanın 2. gününde ve %90 nem içeriğinde 2519,9 mPa.s olarak kaydedilmiştir. Püre psödoplastik davranış göstermiştir. Bulgular genel olarak depolama süresi arttıkça viskozitenin yükseldiğini, sıcaklık arttıkça ise viskozitenin azaldığını göstermektedir (Fadeyibi vd. 2024). Bu verilerin yanı sıra, farklı bir araştırmada domates sosunda ölçülen konsistens değerinin 84,9 mPa.s olduğu raporlanmıştır (Jorge-Octavio vd. 2017). Akışkanlık durumunu açıklayan kıvam terimi domates pulpu ve işlenmiş domates ürünlerinde oldukça önemli görülmektedir. Viskozite değerlerinin işleme koşulları, kullanılan domates çeşidi ve meyvenin olgunluk derecesi gibi faktörlerden etkilendiği bildirilmiştir (Ekşi ve Artık 1985). Örneğin farklı sıcaklıklarda ön ısıtma yapılan domates pulplarında viskozite değerlerinin farklılık gösterdiği bilinmektedir. Bu çalışmada domates bitkisinin vejetatif kısımlarının mayşelendirilmesi sonucunda endüstriyel ölçekte pompalanabilir düzeyde viskoziteye sahip olduğunun tespit edilmiş olması yeterli görülmüştür.

Meyve-sebze pulpları ile domates bazı ürünler çoğunlukla Newtonyen olmayan, psödoplastik akış davranışı sergilemektedir. İncelenen çalışmada kayısı, şeftali ve armut pürelerinin belirgin biçimde psödoplastik özellik gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca, meyve pürelerinde ve konsantre domates suyunda katı madde içeriğinin artmasıyla birlikte kıvam katsayısının (K) yükseldiği gözlenmiştir. Örneğin, %5,8 katı madde içeriğine sahip konsantre domates suyunun viskozitesi 0,27 Pa.s iken, bu değer %30 katı madde içeriğinde 18,7 Pa.s’ye ulaşmıştır (Stanciu 2022). Daha önce vejetatif kısımların mayşelendirilmesiyle elde edilen karışımların viskozitesinin belirlenmesi üzerine herhangi bir çalışma yapılmadığı için bu tez çalışmasında elde edilen verilerin literatür verileriyle karşılaştırılması mümkün olmamıştır. Ancak, kontrol grubunun viskozite değerleri literatürdeki çalışmaların sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Tez materyali olan domates meyvesi hem işlenirken hem de analiz esnasında herhangi bir ısıtmaya maruz

bırakılmadığı için pektinin parçalanmasına bağlı olarak konsistens verileri kısmen daha düşük saptanmıştır.

Paçal ve su karışımından elde edilen deney materyali pulpa kıyasla daha akışkan özellik göstermiştir. Literatürde suyun oda sıcaklığındaki viskozitesinin yaklaşık 1,0 mPa.s olduğu bildirilmektedir (Steffe 1996). Paçal-su karışımının viskozitesi, suyun viskozitesine yakın değerlerde belirlenmiştir. Bu durum, karışımın oldukça yüksek akışkanlık özelliği gösterdiğini ve elek gözenek çapının uygun seçilmesi sayesinde odunsu kısımların etkin bir şekilde ayrıldığını ortaya koymaktadır. Berrak elma suyunun viskozitesi 1,23 cP değerinde (Kongjaroen vd. 2022), nar suyunun 2-7 cP aralığında ve armut suyunun viskozite değerinin 1-3 cP arasında olması (Magerramov vd. 2007), tezde çalışılan karışımın akışkanlığının meyve suyu endüstrisindeki makine ve ekipmanlarla işlenebileceğini göstermiştir.

4.3. HS-GC-MS Analizi Sonuçları

4.3.1. Kontrol grubu (Doğal domates aroması)

Evaporasyon yöntemi ile 85 °C’de (Cemeroğlu 2004), 30 rpm 200 mbar basınç değerlerinde buhar destilatı alınan domates pulplarının uçucu bileşik analizi HS-GC-MS ile hizmet alımı yoluyla gerçekleştirilmiştir. Doğal domates aromasını oluşturan bileşiklerin tespiti vejetatif aksamın bileşik matrisi ile karşılaştırılmasını mümkün kılmıştır. Bu yaklaşım, paçaldaki hangi bileşiklerin doğal domates aromasına en yakın olduğunu belirlemeye olanak sağlamıştır. Çizelge 4.2’de domates pulpunun aroma bileşikleri analiz sonucu fonksiyonel gruplarına göre listelenmiştir.

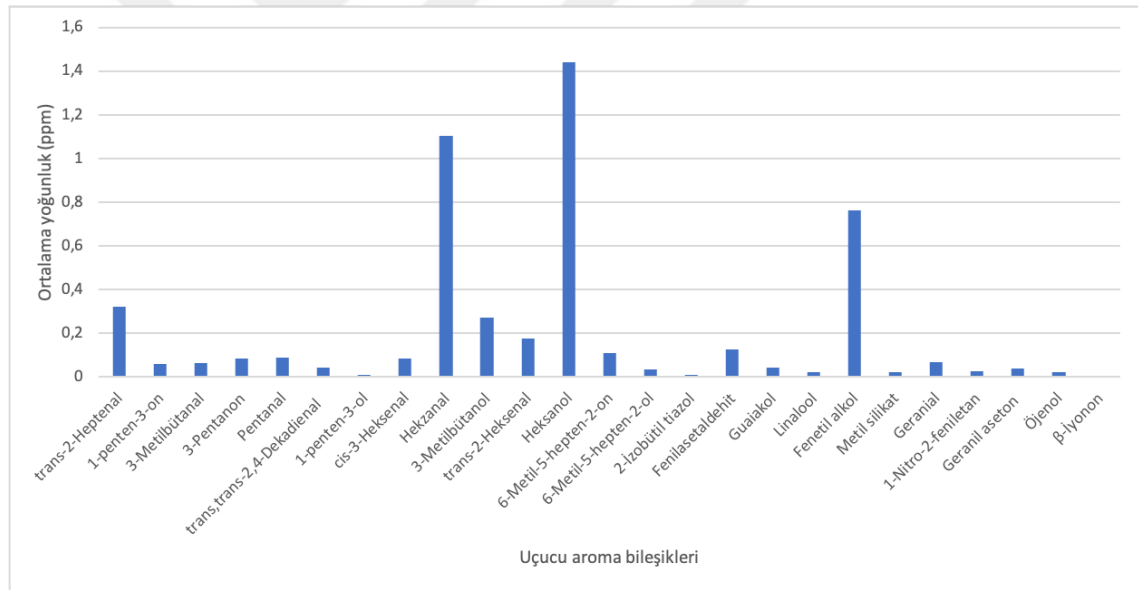
Çizelge 4.2. HS-GC-MS ile tespit edilen domates pulpundaki aromatik bileşiklerin fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırılması

Aldehitler	Alkoller	Ketonlar	Heterosiklik ve Fenolik Bileşikler
cis-2-Heptenal	3-Metilbütanol	1-Penten-3-on	3-Pentanon
(trans, trans)-2,4-Dekadienal	1-Penten-3-ol	6-Metil-5-hepten-2-on	1-Nitro-2-feniletan
trans-2-Heksenal	Hekzanol	Geranil aseton	2-İzobütil tiyazol
Fenilasetaldehit	Gayakol		Fenetil alkol
Geranial	6-Metil-5-hepten-2-ol		Öjenol
trans-3 Heksenal	Linalool		β-İyonon
3-Metilbütanal			Metil silikat
Pentanal			
Hekzanal			

Tez materyallerinde yapılan aroma analizi sonucunda domateste en yüksek yoğunlukta hekzanol, hekzanal ve fenetil alkol tespit edilmiştir. Bu bulgu doğrultusunda, hedeflenen çiçeksi aromanın fenetil alkol aracılığıyla elde edilebileceği öngörülmektedir; nitekim Tieman vd. (2006) çalışmasında fenetil alkolün taze gül yapraklarını andıran belirgin bir çiçeksi nota taşıdığını bildirmiştir.

Bitkinin paçal kısmında, tespit edilemeyen bileşikler dışında tüm uçucu bileşiklerin domatese kıyasla daha yüksek seviyelerde bulunduğu analizlerle ortaya konmuştur. Domates bitkisinin vejetatif aksamına ait detaylı aroma analizi sonuçları Bölüm 4.3.2’de sunulmaktadır.

Endüstriyel uygulamalarda domates bazlı ürünlerde doğal aromanın çoğunlukla doğrudan meyveden sağlandığı bilinmektedir. Literatürde likopenden türetilen geranil aseton üretimi dışında enzim temelli bazı biyoteknolojik çalışmaların yalnızca sınırlı sayıda aroma bileşiğinin üretimini mümkün kıldığı rapor edilmiştir. Ayrıca yalnızca bir çalışmada iki farklı mikroorganizma kullanılarak domatese özgü fenetil alkolün fermantasyon yoluyla üretilbildiği bildirilmiştir (Güneşer vd. 2015; Liu vd. 2018).



Şekil 4.1. Uçucu aroma bileşiklerinin konsantrasyonları

Şekil 4.1’de domateste saptanan bazı uçucu aroma bileşiklerinin konsantrasyonları görülmektedir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde domates matrisinde toplam 25 uçucu aroma bileşiğinin başarıyla tanımlandığı ve bu bileşikler arasında aldehytlerin baskın olduğu görülmektedir. Tanımlanan uçucu bileşiklerin literatürde bildirilen bileşiklerle büyük ölçüde aynı bileşikler olduğu, ancak konsantrasyon düzeylerinde farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Benzer şekilde, HS-SPME/GC-MS yöntemi kullanılarak incelenen 15 farklı domates çeşidinde toplam 110 uçucu bileşik tanımlanmıştır; bunların 31’i alkol, 33’ü aldehyt, 13’ü keton, 16’sı hidrokarbon, 6’sı ester ve 11’i diğer gruplara aittir (Zhang vd. 2023). Tez çalışmasında

da test edilen tüm domates çeşitlerinde en baskın uçucu bileşikler aldehitler ve alkoller olup, bu iki grup toplam uçucu bileşiklerin %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde hekzanal, hekzanol ve feniletil alkolün domatesin karakteristik aroma bileşikleri arasında en yoğun olarak bulunduğu görülmektedir. Literatürde de feniletil alkolün domates meyvelerinin uçucu bileşiminde yer aldığı ve meyvenin olgunluk aşamasına bağlı olarak değişiklik gösterdiği bildirilmektedir. Önceki çalışmalar HS-SPME/GC-MS analizi sonuçları tadı ve asitliğiyle ilişkili olan feniletil alkol ve hekzanal gibi aromatik bileşiklerin domates aroma profilinde baskın olduğunu ortaya koymuştur (Jasmins vd. 2025).

Aroma bileşiklerinin genel dağılımı incelendiğinde bileşiklerin büyük çoğunluğunun düşük konsantrasyon düzeylerinde bulunduğu ancak bazı bileşiklerin belirgin şekilde daha yüksek konsantrasyona sahip olduğu görülmektedir. En yüksek konsantrasyona sahip bileşiğin hekzanol olduğu dikkat çekmektedir. Bu bileşiğin yaklaşık 1,45 ppm düzeyindeki konsantrasyonu diğer bileşiklerden anlamlı şekilde yüksektir ve aroma profilinin baskın bileşiği niteliğindedir.

İkinci olarak hekzanal bileşiği öne çıkmakta olup yaklaşık 1,10 ppm seviyesindedir. Domates aroması üzerindeki etkisi literatürde sıklıkla vurgulandığı için bu düzeydeki varlığı önem taşımaktadır.

Üçüncü sırada ise yaklaşık 0,75 ppm seviyesinde bulunan fenetil alkol bileşiğidir. Bu bileşik de grafikteki birçok bileşikten belirgin şekilde yüksektir ancak ilk iki bileşik kadar yüksek değildir. Fakat özellikle fenetil alkol çiçeksi-meyvemsi hoş kokusuyla öne çıktığı için mevcut konsantrasyonu çok önemli bulunmuştur.

Trans-2-heptenal, 3-metilbütanol ve trans-2-heksenal 0,20-0,40 ppm aralığında orta düzeyde konsantrasyon göstermektedir. Bu değerler aroma profiline ikincil katkı yapan bileşikler olarak değerlendirilmektedir. Diğer aroma bileşiklerinin çoğunun konsantrasyonu 0,10 ppm ve altında kalmaktadır. Bu düşük seviyeler söz konusu bileşiklerin toplam aromatik karakter üzerindeki katkılarının sınırlı olduğunu göstermektedir. Domateste tespit edilen aroma bileşiklerinin konsantrasyonları, analiz sonuçları doğrultusunda EK-2'de sunulmuştur.

4.3.2. Domates bitkisinin vejetatif kısmı

Çalışmanın temel amacı vejetatif kısımdan aroma fraksiyonları elde etmek ve elde edilen fraksiyonların domates meyvesinden elde edilen aroma bileşikleri ile karşılaştırmak olduğu için uygulama 200–1000 mbar aralığında farklı mutlak basınç seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Farklı basınç seviyeleriyle birbirinden farklı fraksiyonların elde edileceği düşünülmüştür.

Araştırmada değişkenlerin değerleri incelenerek, parametrik veya non-parametrik testlerin uygulanabilirliğini belirlemek için gerekli koşulların sağlanıp sağlanmadığı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, parametrik testlerin geçerliliği açısından kritik bir öneme sahiptir (Can 2022). Bu doğrultuda, çalışmada hangi testlerin kullanılacağına karar verebilmek için normallik analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tüm değişkenler için Kolmogorov-

Smirnov testi uygulanmış ve p değerlerinin 0,05'ten küçük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, normallik hipotezinin reddedildiğini ve değişkenlerin normal dağılımdan saptığını göstermektedir. Veriler normal dağılım göstermediği için Kruskal–Wallis H testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizlerin sonuçları EK-8 ve 9'da sunulmuştur.

Elde edilen bulgular incelendiğinde beş farklı mutlak basıncının (200, 400, 600, 800 ve 1000 mbar) değişken olarak kullanıldığı fraksiyonel damıtma sisteminde her fraksiyon seviyesinde aroma bileşiklerinin ayrımının oldukça başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği görülmüştür. Fraksiyon seviyelerine göre aroma bileşiklerinin miktarlarında gözlenen değişimler de bu etkin ayrımın bir göstergesi niteliğindedir. Çalışılan mutlak basınçlarda kaynama noktalarındaki farklılıklara bağlı olarak sıcaklık kendiliğinden bir değişken hâline gelmiş ve her basınçta farklı sıcaklıklarda çalışılması bileşik konsantrasyonlarını önemli ölçüde etkilemiştir. Analiz sonuçları EK-1'de ortalama $\pm$ standart hata ortalaması şeklinde sunulmuş olup, çizelgede her bir basınç değerine ait aroma bileşiği konsantrasyonları ppm cinsinden verilmiştir. Tespit limiti 0,05 ppm olup sonuçlar bu değer üzerindeki konsantrasyonlar ($>0,05$ ppm) için raporlanmıştır. Her bir basınç değeri için veriler ayrı ayrı incelenmiş, ardından elde edilen bulgular birbiriyle karşılaştırılarak genel bir değerlendirme yapılmıştır. Çizelge 4.3'te kolondaki farklı ölçüm seviyelerindeki ortalama sıcaklık değerleri sunulmuştur. EK-3, 4, 5, 6 ve 7'de, çalışmada uygulanan farklı mutlak basınçlara ait uçucu bileşiklerin konsantrasyon dağılımları sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Kolondaki farklı ölçüm seviyelerinde ortalama sıcaklık verileri ($^{\circ}\text{C}$)

Ölçüm Noktaları	Basınç Değerleri (mbar)				
	200	400	600	800	1000
1. Fraksiyon Seviyesi	48,200	62,950	70,000	82,000	88,800
2. Fraksiyon Seviyesi	47,350	61,275	65,125	76,000	81,675
3. Fraksiyon Seviyesi	45,275	55,075	59,750	68,175	69,600
4. Fraksiyon Seviyesi	43,400	46,625	51,325	58,165	50,225
5. Fraksiyon Seviyesi	42,825	41,525	42,775	37,200	33,900
6. Fraksiyon Seviyesi	*	*	*	*	*

*6. Fraksiyon örnekleri $0,1^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındaki geri soğutucu çıkışından alınmıştır.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda uygulanan farklı mutlak basınç değerleri ile belirlenen aromatik bileşiklerin konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Dolayısıyla, mutlak basınçtaki değişimlerin bileşik yoğunluklarını anlamlı ölçüde etkilemediği anlaşılmaktadır.

Fraksiyon seviyeleri ile aromatik bileşik yoğunlukları arasında gerçekleştirilen istatistiksel analiz sonucunda $P<0,05$ sonucu elde edilmiştir. Bu bulgu fraksiyon seviyesinin aromatik bileşik yoğunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle farklı fraksiyonların aromatik bileşik konsantrasyonlarında rastlantısal olmayan anlamlı farklılıklar oluştuğu belirlenmiştir.

Dolayısıyla, aromatik bileşiklerin dağılımı fraksiyonlama sürecinden anlamlı biçimde etkilenmektedir.

Tuğlu vd.'nin (2021) yaptıkları çalışmada uçucu yağ verimi ile bileşik kompozisyonunun hem damıtma süresine hem de fraksiyon seviyelerine bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği rapor edilmiştir. Erken fraksiyonlar daha uçucu monoterpenlerce zengin bulunurken, geç fraksiyonlarda karvakrol gibi uçuculuğu daha düşük ancak aromatik açıdan baskın bileşiklerin yoğunlaşması, fraksiyonel damıtmanın bileşikleri uçuculukları ve kaynama noktalarına göre etkin biçimde ayrıştırdığını göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada distilasyon süresinin artmasıyla birlikte kekik esansiyel yağının geri kazanım veriminin yükseldiği ve uygulanan basınçlar arasında özellikle 500 mbar koşulunda en yüksek verimin elde edildiği bildirilmiştir. Çalışmada değerlendirilen basınç seviyeleri 300, 400, 500 ve 600 mbar olarak seçilmiştir (Wu vd. 2019). Tez çalışmasında her mutlak basınçta aynı işlem süresi (1,5 s) kullandığı için işlem süresine göre bir karşılaştırma yapılamamıştır. Mutlak basınç değerlerinin her birinde uçucu aroma bileşikleri mevcut olup yalnızca konsantrasyonlarında farklılık gözlenmektedir.

Bu kapsamda öncelikle 200 mbar mutlak basınç uygulaması için elde edilen analiz verileri değerlendirilmiştir. Sistemde cis-2-heptenal, 1. fraksiyon seviyesinde en yüksek konsantrasyona ulaşmış olup, alınan örnekte 3,642 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değer genel sistemde ölçülen en yüksek cis-2-heptenal konsantrasyonu olarak kaydedilmiştir. Aynı fraksiyon seviyesinden alınan örnekte 1-penten-3-on 0,920 ppm değerinde tespit edilmiştir. Bu bileşik, 200 mbar basınç değerinde tespit edilen en yüksek ikinci konsantrasyona sahip bileşik olarak belirlenmiştir. İkinci fraksiyondan alınan numunede ise 1. fraksiyon seviyesindeki analiz sonuçlarına ilave olarak sistemde dört yeni bileşiğin konsantrasyon değerleri tespit edilmiştir. Sonraki fraksiyon olan 3. fraksiyon seviyesinde de aynı durum söz konusu olup ek olarak hekzanal bileşiği yüksek konsantrasyonda (11,376 ppm) tespit edilmiştir. Bu bileşik 200 mbar basınç değerinin en yüksek değerli bileşiği olmuştur. Sırasıyla 5. ve 6. fraksiyondan elde edilen numunelerde, 1., 2., 3. ve 4. fraksiyon seviyelerinde gözlemlenen bileşiklere rastlanmaması iyi bir fraksiyonel ayırım yapıldığının kanıtıdır. Sonuçlar, genel olarak değerlendirildiğinde, domatesin yaprak ve sap gibi vejetatif kısımlarının uçucu bileşikler açısından çok daha zengin olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın devamında bir sonraki mutlak basınç değeri olan 400 mbar için analiz sonuçları incelenmiştir. Cis-2-heptenal bileşiği bu basınç değerinde de 1. fraksiyonda en yüksek düzeyde çıkmıştır. Birinci fraksiyondan alınan numunede 200 mbar basınç değerine benzer şekilde sadece cis-2-heptenal, 1-penten-3-on ve 3-metilbütanal bileşikler tespit edilmiştir. İkinci seviyeye bakıldığında tespit edilen bileşik sayısının arttığı görülmüştür. Üçüncü fraksiyon seviyesi verileri incelendiğinde hali hazırda tespit edilen bazı bileşiklerin yoğunluklarının arttığı bazılarının ise azaldığı veya doğrudan saptanamadığı belirlenmiştir. Buna örnek olarak 1. ve 2. fraksiyon seviyelerinde yoğun olarak gözlemlenen cis-2-heptenal bileşiğinin 3. seviyede konsantrasyonu oldukça azalmıştır (0,050 ppm). 1-Penten-3-on bileşiği ise tespit edilememiştir. Hekzanal bileşiği 3. fraksiyonda maksimum yoğunluğa ulaşmış; bu konsantrasyon sistemde tüm mutlak basınçlarda gözlenen en yüksek değer olmuştur. Dördüncü fraksiyondan sonra alınan örneklerde bileşik dağılımı değişmiş olup önceki fraksiyonlarda saptanmayan yeni bileşikler tespit edilmiştir.

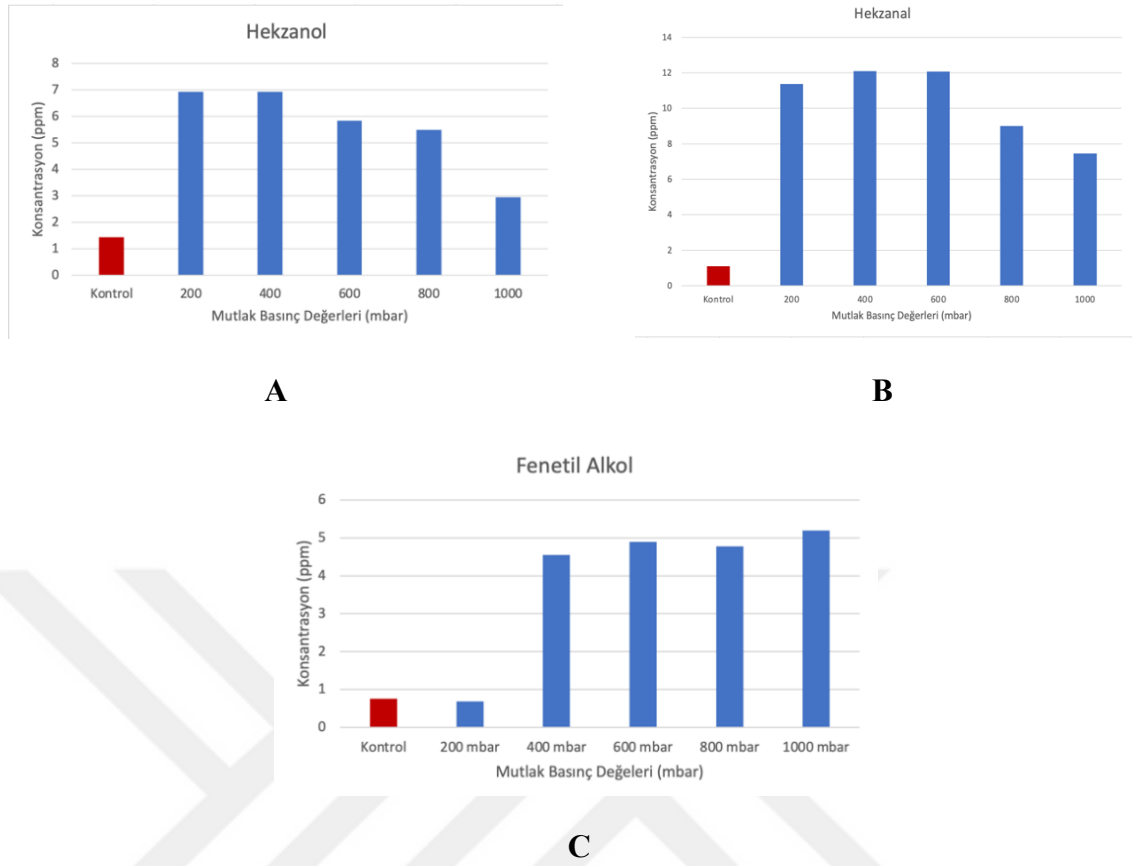
Mutlak basınç 600 mbar olduğunda en yüksek konsantrasyona sahip bileşik hekzanal olup örnek alımı 59,750 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Önceki basınç seviyeleriyle karşılaştırıldığında 5. fraksiyonda fenetil alkol konsantrasyonunda belirgin bir artış tespit edilmiştir. Diğer yandan, 800 mbar mutlak basınçta fraksiyon seviyeleri arasında 3. fraksiyonda ortalama 68,175 °C sıcaklıkta 8,993 ppm ile heksenal bileşiğinin en yüksek konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiş, 2. ve 3. fraksiyonlarda daha fazla sayıda bileşik saptanmış olmakla birlikte bu bileşiklerin konsantrasyonlarının daha düşük basınçlara kıyasla azaldığı görülmüştür. Son olarak, 1000 mbar mutlak basınç altında, diğer bir ifadeyle yaklaşık atmosferik koşullar altında da sistem çalıştırılmıştır. Her basınç değerinde ortak olarak görülen fakat farklı oranlarda tespit edilen cis-2-heptenal, 1-penten-3-on ve 3-metilbütanol bu basınç koşulunda da 1. ve 2. fraksiyondan alınan numunelerde tespit edilmiştir. Farklı olarak fenetil alkol bileşiği sistemde en yüksek konsantrasyonda bu basınç altında 5. fraksiyondan alınan örnekte saptanmıştır.

Tez çalışmasında domates pulunun aroma bileşikleri ile paçalın aroma bileşiklerinin analiz sonuçları karşılaştırıldığında, domateste tespit edilen bileşiklerin neredeyse tamamının paçalda da bulunduğu görülmüştür. Domateste mevcut olup paçalda tespit edilmeyen birkaç bileşik ise 6-metil-5-hepten-2-on, metil silikat, geranial, 1-nitro-2-feniletan, geranil aseton, öjenol ve β -iyonon olduğu görülmüştür. Buttery (1987) yaprakta GC-MS yöntemi ile hekzanal, cis-3-heksenal, trans-2-heksenal, hekzanol, cis-3-heksenol, gayakol, benzil alkol, 2-feniletanol (fenetil) ve öjenol uçucu aroma bileşiklerini 0,01-1 ppm aralığında tespit etmiştir. Analiz sonuçları bu bileşiklerin tez çalışmasında EK-1’de belirtildiği gibi daha yüksek konsantrasyona sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, farklı basınç koşullarında yürütülen çalışmanın sonuçlar üzerindeki olumlu etkilerinden biri olarak değerlendirilmiştir.

Kontrol grubunda yoğunluğu en yüksek olan hekzanol (1,441 ppm) vejetatif karışımında en yüksek konsantrasyon değeri 400 mbar mutlak basınçta 4. fraksiyon seviyesinden alınan numunede 7,191 ppm’dir. Domateste tespit edilen bileşikler arasında görece yüksek yoğunluğa sahip olan bir diğer bileşik ise hekzanal olup kontrol örneğinde 1,105 ppm düzeyinde belirlenmişken, 400 mbar mutlak basınç altında vejetatif kısımdan elde edilen numunede bu bileşik 3. fraksiyonda 12,086 ppm gibi daha yüksek bir konsantrasyonda saptanmıştır. Domateste üçüncü majör bileşik olarak tespit edilen fenetil alkol kontrol grubunda 0,762 ppm iken, paçalda 1000 mbar 5. fraksiyon seviyesinde 5,201 ppm değerindedir. Sonuçlara bakıldığında kontrol grubunun karakteristik aromasını veren, konsantrasyon verilerine göre yüksek oranda bulunan bileşiklerin üçünün de vejetatif kısımda daha yüksek oranlarda çıktığı belirlenmiştir. Şekil 4.2 ve şekil 4.3’te domateste ve vejetatif kısımlarda tespit edilen üç majör bileşiğin kontrol grubunda ve farklı mutlak basınçlarda elde edilen konsantrasyonlarına göre dağılımı verilmiştir.



Şekil 4.2. Sırasıyla majör bileşiklerin basınç ve fraksiyona göre maksimum konsantrasyonları



Şekil 4.3. Majör hekzanol (A); hekzanal (B); fenetil alkol (C) bileşiklerinin dağılımı

Genel olarak, 400 mbar mutlak basınç altında, birinci ve beşinci fraksiyondan elde edilen aroma bileşikleri domatesin istenilen karakteristik çiçeksi kokusunu yansıtmaktadır. Birinci fraksiyondan elde edilen cis-2-heptanal, 1-penten-3-on ve 3-metilbütanol bileşikler ile beşinci fraksiyondan elde edilen 6-metil-5-hepten-2-on, fenil asetaldehit ve fenetil alkol bileşikler meyvemsi, çiçeksi ve mayhoş aromaları ortaya çıkarmaktadır (Kazeniya ve Hall 1970). Bu basınç altında, birinci ve beşinci fraksiyon numuneleri karıştırıldığında domatese benzer karakteristik floral aromanın elde edilebileceği düşünülmektedir. Çalışmada paçaldan gelen otsu kokunun uzaklaştırılması istenmiştir. Bu yönde sonuçların değerlendirilmesi durumunda otsu ve çimensi aromaların en yoğun alındığı hekzanal ve hekzanol bileşiklerinin olduğu seviyeler analiz edilmiştir. Vejetatif kısımlardan karakteristik aroma elde edilmesinde bu bileşiklerin uzaklaştırılması öngörülmüştür. Genel olarak uygulanan bütün basınçlarda 3. fraksiyon seviyesinde maksimum konsantrasyonda hekzanal bileşiği tespit edilmiştir. Hekzanol ise her mutlak basınçta 4. fraksiyonda yoğun olarak görülmüştür. Otsu karakteri veren bu bileşiklerin bulunduğu fraksiyonların uzaklaştırılması ve diğer fraksiyonların bir araya getirilmesi yoluyla doğal domates aromasını temsil eden uçucu bileşik karışımının elde edilmesi mümkün olmuştur. Ayrıca belirlenen bileşiklerin konsantrasyonunun domates meyvesindeki bileşiklerden daha yüksek olması domatesin vejetatif kısımlarından karakteristik aroma bileşiklerinin kolaylıkla ve düşük maliyetle elde edilebileceğini kanıtlar niteliktedir. Çizelge 4.4'te vejetatif kısımda tespit edilen uçucu bileşiklerin koku karakteristikleri verilmiştir.

Çizelge 4.4. Vejetatif kısımda tespit edilen uçucu bileşiklerin koku karakteristikleri (Buttery 1993; Klee 2010)

Bileşik Adı	Koku Karakteristiği
trans-2-Heptenal	Yeşil
1-Penten-3-on	Meyvemsi, çiçeksi, yeşil
3-Metilbütanol	Küf
3-Pentanon	Eterik
Pentanal	Meyvemsi
(trans,trans)-2,4-Dekadienal	Narenciye
1-Penten-3-ol	Meyvemsi, çiçeksi, yeşil
cis-3-Heksenal	Domates, yeşil
Hekzanal	Yeşil, otsu
3-Metilbütanol	Meyvemsi
trans-2-Heksenal	Yeşil
Hekzanol	Reçine, çiçeksi, yeşil
6-Metil-5-hepten-2-ol	Meyvemsi, çiçeksi
2-İzobütil tiyazol	Domates, yeşil
Fenilasetaldehit	Çiçeksi, alkol
Gayakol	Odunumsu, baharatımsı
Linalool	Narenciye, meyveli, tatlı
Fenetil alkol	Fındık, meyvemsi

5. SONUÇLAR

Gıda endüstrisinde aroma, ürünün tüketici tarafından algılanan kalitesini doğrudan etkileyen en önemli unsurlardan biridir ve genel olarak yapay ve doğal olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Son yıllarda, özellikle sağlıkla ilişkili endişeler nedeniyle yapay aroma vericilere olan ilgi azalırken, doğal aroma vericiler ön plana çıkmaktadır. Doğal aromaların, yalnızca gıda ürününün kendisinden değil, aynı zamanda üretim sırasında ortaya çıkan yan ürünler ve atık kısımlarından da elde edilebilmesi, bu alandaki araştırmaların hız kazanmasına neden olmuştur. Bu çalışmada da domatesin atık durumundaki vejetatif kısımlarından uygun maliyetle doğal aroma bileşiklerinin üretilebileceği kanıtlanmıştır. Domatesin karakteristik aromasının bitkinin vejetatif kısımlarında da (yaprak, gövde, sap) bulunabileceği hipotezine bağlı olarak yürütülen çalışmada aroma üretiminde yaprak, gövde ve saptan oluşan paçal kısmın kullanılmasıyla hem atık geri kazanımı hem de çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri dikkate alınmıştır. Bu fraksiyonların ayrılması için rektifikasyon sistemi yeterli olmuştur. Vejetatif kısımlarda bulunan aroma bileşikleri, diğer otsu uçucu bileşiklerle birlikte azeotropik bir karışım oluşturduğu için rektifikasyon kolonunda farklı basınç ve sıcaklık değerlerinde ayrılabilmiştir.

Tanımlayıcı analiz sonuçları incelendiğinde kontrol grubu analiz verileri ile literatür arasında benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür. Paçal analizleri için literatürde benzer bir çalışma olmadığı için elde edilen veriler karşılaştırılamamıştır. Domates ve paçal kısma ait analiz sonuçları beraber değerlendirildiğinde domates meyvesinin paçal kısma göre asiditesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. TKM ve briks değerinin ise paçalda daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin vejetatif kısımları kullanılarak rektifikasyonla elde edilen aroma fraksiyonları doğal domates aroması profili ile karşılaştırılarak en uygun fraksiyonun elde edildiği koşullar saptanmış; 400 mbar mutlak basınçta 1. ve 5. fraksiyon seviyelerinden alınan numunelerde yoğun olarak doğal domates aromasında bulunan bileşikler tespit edilmiştir. Bu koşullarda örnek alım sıcaklığı 62,950 °C (1. fraksiyon seviyesi) ve 41,525 °C (5. fraksiyon seviyesi) olarak not edilmiştir. Paçalda en yüksek konsantrasyonda çıkan bileşik 12,086 ppm ile hekzenal olmuştur. Aynı bileşik domatestede görülen ikinci en yoğun bileşik olarak tespit edilmiş ve domatesteki oranının 1,105 ppm olduğu belirlenmiştir. Domatese karakteristik taze tadı veren bu bileşiğin konsantrasyonu paçalda neredeyse 12 kat daha yüksek çıkmıştır. Otsu ve çimensi aromaya sahip trans-3-hekzenal bileşiği 400 mbar 3. fraksiyondan alınan numunede 3,609 ppm değerle en yüksek konsantrasyon olmuştur. Karakteristik çiçeksi aromayı veren fenetil alkol bileşiği ise domatestede 0,762 ppm iken paçalda maksimum 5,201 ppm oranındadır. Son olarak, 1000 mbar 5. fraksiyon numunesinde gözlenen fenetil alkol domatestede en yüksek konsantrasyona sahip üçüncü bileşik olmuştur. Otsu ve çimensi karaktere sahip trans-3-hekzenal gibi bileşiklerin bulunduğu fraksiyonların uzaklaştırılması durumunda çok yoğun doğal domates aromasının elde edilebileceği görülmüştür.

Uygulanan mutlak basınç değerlerinin uçucu bileşikler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı; buna karşılık fraksiyon seviyelerindeki değişimlerin uçucu bileşiklerin dağılımı üzerinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak fraksiyonel damıtma ile domatesin vejetatif kısmının bütününde oldukça iyi bir seviyede aroma ayrımının yapıldığı ispatlanmıştır. Vejetatif kısımlardan izole edilen

aroma bileşiklerinin konsantrasyonunun domatestte bulunan aynı bileşiklere göre daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. Elde edilen veriler ışığında domates bitkisinin vejetatif kısımlarından aroma elde edilmesinde yönelik çalışmaların endüstriyel ölçekte de uygulanabilir olduğu, sürdürülebilirlik ve atık geri kazanımı açısından sektöre önemli katkılar sağlayacağı ve öncü niteliği taşıyacağı beklenmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Aboagye-Nuamah, F., Hussein, Y. A. and Ackun, A. 2018. Biochemical properties of six varieties of tomato from Brong Ahafo region of Ghana as influenced by the ripening condition and drying. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 18(1).
- Akao, S. 2018. Nitrogen, phosphorus, and antioxidant contents in crop residues for potential cascade utilization. *Waste and Biomass Valorization*, 9(9): 1535-1542.
- Ali, M.Y., Sina, A.A.I., Khandker, S.S., Neesa, L., Tanvir, E., Kabir, A., Khalil, M.I. and Gan, S. H. 2020. Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review. *Foods* 10(1): 45.
- Almeida, P. V., Rodrigues, R. P., Gaspar, M. C., Braga, M. E. M. and Quina, M. J. 2021. Integrated management of residues from tomato production: Recovery of value-added compounds and biogas production in the biorefinery context. *Journal of Environmental Management*, 299, 113505.
- Almeida, P. V., Rodrigues, R. P., Slezak, R. and Quina, M. J. 2022. Effect of phenolic compound recovery from agro-industrial residues on the performance of pyrolysis process. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12(10): 4257-4269.
- Anonim, 2024. <https://www.gunt.de/en/products/process-engineering/thermal-process-engineering/distillation-rectification/discontinuous-rectification/083.60200/ce602/glct-1:pa-148:ca-242:pr-65>. Erişim tarihi: 18.08.2025.
- Antala, P. A., Chakote, A., Varshney, N., Suthar, K., Singh, D., Narwade, A., Patel, K., Gandhi K., Singh S. and Karmakar, N. 2025. Phytochemical and metabolic changes associated with ripening of *Lycopersicon esculentum*. *Scientific Reports*, 15(1), 10692.
- Arab, M., Bahramian, B., Schindeler, A., Valtchev, P., Dehghani, F. and McConchie, R. 2019. Extraction of phytochemicals from tomato leaf waste using subcritical carbon dioxide. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 57, 102204.
- Asaithambi, D. D., Appa Rao, V., Parthiban, M., Narayanan, R. and Senthil Kumar, T. M. A. 2025. Physicochemical profiling of tomato waste streams for valorization: Insights from discarded market and industrial residues. *International Journal of Horticulture and Food Science*, 7(11): 35-39.
- Ayala-Cortés, A., Arancibia-Bulnes, C. A., Villafán-Vidales, H. I., Lobato-Peralta, D. R., Martínez-Casillas, D. C. and Cuentas-Gallegos, A. K. 2019, July. Solar pyrolysis of agave and tomato pruning wastes: Insights of the effect of pyrolysis operation parameters on the physicochemical properties of biochar. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2126, No. 1, p. 180001). AIP Publishing LLC.
- Baldwin, E., Nisperos-Carriedo, M., and Moshonas, M. 1991. Quantitative analysis of flavor and other volatiles and for certain constituents of two tomato cultivars during ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(2): 265–269.
- Belitz, H. D., Grosch, W. and Schieberle, P. 2009. *Food chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- Bhandari, S. R., Chae, Y. and Lee, J. G. 2016. Assessment of phytochemicals, quality attributes, and antioxidant activities in commercial tomato cultivars. *Horticultural Science and Technology*, 34(5): 677-691.
- Bhowmik, D., Kumar, K. S., Paswan, S. and Srivastava, S. 2012. Tomato-a natural medicine and its health benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(1): 33-43.
- Buttery, R. G. 1993. Quantitative and sensory aspects of flavor of tomato and other vegetables and fruits. *Flavor science: Sensible principles and techniques.*, 259-286.
- Buttery, R. G. and Ling, L. C. 1993. Volatile components of tomato fruit and plant parts: relationship and biogenesis.
- Buttery, R. G., Ling, L. C. and Light, D. M. 1987. Tomato leaf volatile aroma components. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 35(6): 1039-1042.
- Buttery, R. G., Seifert, R. M., Guadagni, D. G. and Ling, L. C. 1971. Characterization of additional volatile components of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 19(3): 524-529.
- Can, A. 2022. SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi. *Pegem Akademi*. 91 s.
- Cemeroğlu, B. 2004. Meyve sebze işleme teknolojisi (Cilt 1). Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Ankara, 641 s.
- Cemeroğlu, B. 2007. Gıda analizleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 34, 168-171.
- Cemeroğlu, B. 2009. Meyve sebze işleme teknolojisi (Cilt 1). Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Ankara, ss. 350-360.
- Chabi, I. B., Zannou, O., Dedehou, E. S., Ayegnon, B. P., Odouaro, O. B. O., Maqsood, S., Galanakis, C. M. and Kayodé, A. P. P. 2024. Tomato pomace as a source of valuable functional ingredients for improving physicochemical and sensory properties and extending the shelf life of foods: A review. *Heliyon*, 10(3).
- Chang, J. M. and Joye, I. J. 2024. Improving agricultural sustainability—A review of strategies to valorize tomato plant residues (TPR). *Waste Management*, 190, 88-101.
- Colantonio, V., Ferrão, L. F. V., Tieman, D. M., Bliznyuk, N., Sims, C., Klee, H. J., Munoz, P. and Resende Jr, M. F. 2022. Metabolomic selection for enhanced fruit flavor. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(7), e2115865119.
- Çıtak, S., Sönmez, S. ve Öktüren, F. 2006. Bitkisel Kökenli Atıkların Tarımda Kullanılabilme Olanakları. *Derim*, 23(1): 40-53.
- Dharshini, A. D., Rao, V. A., Parthiban, M., Narayanan, R., and Kumar, T. S. 2025. Physicochemical profiling of tomato waste streams for valorization: Insights from discarded market and industrial residues. *International Journal of Horticulture and Food Science*, 7(11): 35-39.
- Di Blasi, C., Tanzi, V. and Lanzetta, M. 1997. A study on the production of agricultural residues in Italy. *Biomass and Bioenergy*, 12(5): 321-331.

- Driouich, R., Bousselmi, O. and Cherif, A. 2016. Valorization of tomato processing waste for lycopene extraction. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 6(1): 686-691.
- Drosou, C., Laina, K. T., Dimoula, M., Eleni, P. M., Boukouvalas, C. J., Topakas, E. and Krokida, M. 2025. Valorization of Tomato By-Products: Advanced Extraction Methods and Bioprocessing of Bioactive Compounds and Functional Products. *Applied Sciences*, 15(7): 2076-3417.
- Duque-Acevedo, M., Belmonte-Ureña, L. J., Plaza-Úbeda, J. A. and Camacho-Ferre, F. 2020. The management of agricultural waste biomass in the framework of circular economy and bioeconomy: An opportunity for greenhouse agriculture in Southeast Spain. *Agronomy*, 10(4):489.
- Durmuş, M. ve Kızılkaya, R. 2018. Domates üretim atık ve artıklarından kompost eldesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2): 95-100.
- Ekşi, A. ve Artık, N. 1985. Domates Pulpu ve Salçasında Viskozite (Konsistens) ve Renk Üzerine Proses Koşullarının Etkisi. *Gıda*, 10(3).
- Fadeyibi, A., Ayinla, Z. O. and Ajiboye, R. A. 2024. Influence of temperature, time, and moisture content on rheology of tomatoes and pepper purees. *Food Science and Preservation*, 31(2), 199-209.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. *FAOSTAT statistical database*. Rome: FAO. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fernández-Gómez, M. J., Díaz-Raviña, M., Romero, E. and Nogales, R. 2013. Recycling of environmentally problematic plant wastes generated from greenhouse tomato crops through vermicomposting. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10(4): 697-708.
- Fernández-Gómez, M. J., Romero, E. and Nogales, R. 2010. Feasibility of vermicomposting for vegetable greenhouse waste recycling. *Bioresource Technology*, 101(24): 9654-9660.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. *The state of food security and nutrition in the world 2023*. FAO. <https://www.fao.org/3/cc3017en/cc3017en.pdf>
- García-Fajardo, J. A., Flores-Méndez, D. A., Suárez-Jacobo, Á., Torres-Martínez, L. G., Granados-Vallejo, M., Corona-González, R. I., Guatemala-Morales, G.M. and Arriola-Guevara, E. 2023. Separation of D-limonene and other oxygenated compounds from orange essential oil by molecular distillation and fractional distillation with a wiped film evaporator. *Processes*, 11(4): 991.
- Gigot, C., Ongena, M., Fauconnier, M. L., Wathelet, J. P., Du Jardin, P. and Thonart, P. 2010. The lipxygenase metabolic pathway in plants: potential for industrial production of natural green leaf volatiles. *BASE*. 14(3): 451-460.
- Górecka, D., Wawrzyniak, A., Jędrusek-Golińska, A., Dziedzic, K., Hamułka, J., Kowalczewski, P. Ł. and Walkowiak, J. 2020. Lycopene in tomatoes and tomato products. *Open chemistry*, 18(1): 752-756.
- Güneşer, O. ve Yüceer, Y. K. 2010. Gıdalarda aroma maddelerinin belirlenmesinde gaz kromatografisi-olfaktometri (GCO) tekniklerinin kullanılması. *Gıda*, 35(5): 371-378.

- Güneşer, O., Demirkol, A., Karagül Yüceer, Y., Özmen Toğay, S., İşleten Hoşoğlu, M. and Elibol, M. 2015. Bioflavour production from tomato and pepper pomaces by *Kluyveromyces marxianus* and *Debaryomyces hansenii*. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 38(6): 1143-1155.
- Gyimah, L. A., Amoatey, H. M., Boatın, R., Appiah, V. and Odai, B. T. 2020. The impact of gamma irradiation and storage on the physicochemical properties of tomato fruits in Ghana. *Food Quality and Safety*, 4(3): 151-157.
- Horuz, T. İ. and Belibağı, K. B. 2019. Nanoencapsulation of carotenoids extracted from tomato peels into zein fibers by electrospinning. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2): 759-766.
- Jasmins, G., Azevedo, T., Câmara, J. S. and Perestrelo, R. 2025. Volatilomic Fingerprint of Tomatoes by HS-SPME/GC-MS as a Suitable Analytical Platform for Authenticity Assessment Purposes. *Separations*, 12(8): 188.
- Jorge-Octavio, V. D., Claudia-Karina, L. S., Carmen, B. S., Frixia, G. M. and Micloth, L. D. C. L. 2017. Shear Rate Effect on the Viscosity of Homemade and Commercial Tomato Sauce. *Journal of Food Science and Engineering*, 7(10).
- Kabir, M. S., Roy, U., Sourov, S. P., Sobhan, A., Kamal, M. M., Akhter, M. J., Akter, M. S. and Ahmed, M. 2024. Comparative assessment of fresh and processed tomato (*Solanum lycopersicum*) pulps: Impact of processing on physicochemical, antioxidant, and enzymatic behavior. *Applied Food Research*, 4(2), 100550.
- Kadıoğlu, B. U. 2024. Tat Algısı, Besin Tercihleri ve Yeme Davranışları İlişkisi. *Sağlık & Bilim 2024: Beslenme-IV*, 65.
- Kaplan, M., Sönmez, S. ve Alagöz, Z. 2001. Antalya Yöresinde Tarımsal Faaliyetler Sonucu Meydana Gelen Bazı Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri. Arıtım 2000 Uluslararası Sempozyum ve Sergisi. 17-20 Mayıs 2001, 370-375, İstanbul.
- Karaca, C. 2017. Antalya'da seracılık biyokütle atıklarının potansiyelinin haritalanması ve enerji üretim amacıyla değerlendirilmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(1): 21-25.
- Kaur, G., Abugu, M. and Tieman, D. 2023. The dissection of tomato flavor: biochemistry, genetics, and omics. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1144113.
- Kaygısız, H. 1996. Organik Gübreler, Topraktaki Fonksiyonları ve Ülkemizdeki Potansiyel Kaynakları. *Hasad Dergisi*, 137, 30-31.
- Kazenić, S. J. and Hall, R. M. 1970. Flavor chemistry of tomato volatiles. *Journal of Food Science*, 35(5): 519-530.
- Kıvrak, Ş. and Kıvrak, İ. 2018. Investigation of Chemical Composition and Nutritional Value of Truffle Mushroom (*Tuber nitidum* Vittad.). *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 339-344.
- Klee HJ. 2010. Improving the flavor of fresh fruits: genomics, biochemistry, and biotechnology. *New Phytologist*, 187, 44-56.
- Kürklü, A., Bilgin, S., Külcü, R. ve Yıldız, O. 2004. Bazı sera bitkisel biyokütle atıklarının miktar ve enerji içeriklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Biyoenerji Sempozyumu*, 20-22.

- Li, P., Li, W., Sun, M., Xu, X., Zhang, B. and Sun, Y. 2018. Evaluation of biochemical methane potential and kinetics on the anaerobic digestion of vegetable crop residues. *Energies*, 12(1), 26.
- Liang, Z., Fang, Z., Pai, A., Luo, J., Gan, R., Gao, Y., Lu, C. and Zhang, P. 2022. Glycosidically bound aroma precursors in fruits: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(1): 215-243.
- Liu, H., Meng, F., Miao, H., Chen, S., Yin, T., Hu, S., Shao, Z., Liu Y., Gao, L., Zhu C., Zhang, B. and Wang, Q. 2018. Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main health-promoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits. *Food Chemistry*, 263, 194-200.
- Løvdal, T., Van Droogenbroeck, B., Eroglu, E. C., Kaniszewski, S., Agati, G., Verheul, M. and Skipnes, D. 2019. Valorization of tomato surplus and waste fractions: A case study using Norway, Belgium, Poland, and Turkey as examples. *Foods*, 8(7), 229.
- Magerramov, M. A., Abdulagatov, A. I., Azizov, N. D. and Abdulagatov, I. M. 2007. Effect of temperature, concentration, and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 476-489.
- Manzano Agugliaro, F. 2007. Gasificación de residuos de invernadero para la obtención de energía eléctrica en el sur de España: Ubicación mediante SIG. *Interciencia*, 32(2): 131-136.
- Mavridis, K., Todas, N., Kalompatsios, D., Athanasiadis, V. and Lalas, S. I. 2025. Lycopene and Other Bioactive Compounds' Extraction from Tomato Processing Industry Waste: A Comparison of Ultrasonication Versus a Conventional Stirring Method. *Horticulturae*, 11(1): 71.
- Monterumici, C.M., Rosso, D., Montoneri, E., Ginepro, M., Baglieri, A., Novotny, E.H., Kwapinski, W. and Negre, M. 2015. Processed vs. Non-Processed Biowastes for Agriculture: Effects of Post-Harvest Tomato Plants and Biochar on Radish Growth, Chlorophyll Content and Protein Production. *Int. J. Mol. Sci.* 16, 8826–8843.
- Nemli, E., Ozakdogan, S., Tomas, M., McClements, D. J. and Capanoglu, E. 2021. Increasing the bioaccessibility of antioxidants in tomato pomace using excipient emulsions. *Food Biophysics*, 16(3): 355-364.
- Nisticò, R., Evon, P., Labonne, L., Vaca-Medina, G., Montoneri, E., Vaca-Garcia, C. and Negre, M. 2017. Post-harvest tomato plants and urban food wastes for manufacturing plastic films. *Journal of Cleaner Production*, 167, 68-74.
- Oboulbiga, E. B., Parkouda, C., Savadogo, B., Traore, K., Traore, A. S. and Dicko, M. H. 2020. Changes in physicochemical properties and bioactive compounds of tomato pulp submitted to different processing techniques. *African Journal of Food Science*, 14(10): 330-335.
- Ortega-Amaro, M. A., Loera-Alvarado, G., Martínez, L. A. L. and Paisano, G. M. 2025. Quality and postharvest life of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.) Produced under saline stress conditions. *Agro Productividad*.

- Pan, F., Zhang, Q., Zhu, H., Li, J. and Wen, Q. 2023. Transcriptome and metabolome provide insights into fruit ripening of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). *Plants*, 12(19), 3505.
- Pino, J. A. and Febles, Y. 2013. Odour-active compounds in banana fruit cv. Giant Cavendish. *Food chemistry*, 141(2): 795-801.
- Pua, A., Goh, R. M. V., Huang, Y., Tang, V. C. Y., Ee, K. H., Cornuz, M., Lassabliere, B. and Yu, B. 2022. Recent advances in analytical strategies for coffee volatile studies: Opportunities and challenges. *Food Chemistry*, 388, 132971.
- Qin, L., Wei, Q.P., Kang, W.H., Zhang, Q., Sun, J. and Liu, S.Z. 2017. Comparison of volatile compounds in 'Fuji' apples in the different regions in China. *Food Sci. Technol. Res.*, 23, 79–89.
- Riccioni, G., Mancini, B., Di Ilio, E., Bucciarelli, T. and D'orazio, N. 2008. Protective effect of lycopene in cardiovascular disease. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 12(3).
- Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Garcia, P. C., Lopez-Lefebvre, L. R., Sánchez, E. and Romero, L. 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant science*, 160(2): 315-321.
- Ronen, G., Cohen, M., Zamir, D. and Hirschberg, J. 1999. Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit development: expression of the gene for lycopene epsilon-cyclase is down-regulated during ripening and is elevated in the mutant Delta. *The Plant Journal*, 17(4): 341-351.
- Selli, S. ve Büyükkurt, O. K. 2020. Aroma Maddelerinin Salınımında Etkili Faktörler. *Gıda*, 45(2): 204-216.
- Siddiqui, M. W., Ayala-Zavala, J. F. and Dhua, R. S. 2015. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant attributes. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(13): 1819-1835.
- Silva-Beltrán, N. P., Ruiz-Cruz, S., Chaidez, C., Ornelas-Paz, J. D. J., López-Mata, M. A., Márquez-Ríos, E. and Estrada, M. I. 2015. Chemical constitution and effect of extracts of tomato plants byproducts on the enteric viral surrogates. *International Journal of Environmental Health Research*, 25(3): 299-311.
- Silvestre, W. P., Agostini, F., Muniz, L. A. and Pauletti, G. F. 2016. Fractionating of green mandarin (*Citrus deliciosa* Tenore) essential oil by vacuum fractional distillation. *Journal of Food Engineering*, 178, 90-94.
- Sönmez, S., Kaplan, M., Orman, Ş. ve Sönmez, İ. 2002. Antalya-Kumluca Yöresi Domates Seralarında Hasat Sonrası Bitkisel Atıklarla Kaldırılan Besin Maddeleri Miktarları ve Bu Atıkların Değerlendirilmesi ile İlgili Öneriler. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (1): 19–25.
- Stanciu, I. 2022. Rheological behavior of fruit and vegetable purees and tomato sauce. *Orient J Chem*, 38, 1550.
- Steffe, J. F. 1996. Rheological methods in food process engineering. Freeman press.
- Stichlmair, J. 2010. *Distillation: Fundamentals* (Vol. 1).

- Strati, I. F. and Oreopoulou, V. 2014. Recovery of carotenoids from tomato processing by-products—a review. *Food research international*, 65, 311-321.
- TEPGE Domates Ürün Raporu 2024
- Tieman, D., Bliss, P., McIntyre, L. M., Blandon-Ubeda, A., Bies, D., Odabasi, A. Z., Rodríguez, G. R., van der Knaap, E., Taylor, M. G., Goulet, C., Mageroy, M. H., Snyder, D. J., Colquhoun, T., Moskowitz, H., Clark, D. G., Sims, C., Bartoshuk, L. and Klee, H. J. 2012. The chemical interactions underlying tomato flavor preferences. *Current Biology*, 22(11): 1035-1039.
- Tuğlu, Ü., Baydar, H. and Erbaş, S. 2021. Distilasyon yöntemlerinin, sürelerinin ve fraksiyonlarının kekik (*Origanum onites* L.) uçucu yağ oranları ve bileşenleri üzerine etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 3195-3202.
- Türk, B., Nas, Y., Duman, İ., Şen, F. ve Tuncay, Ö. 2019. Sanayi Domatesi Üretiminde Toprak Tipi ve Çeşit Seçiminin Verim ve Meyve Kalite Özelliklerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 56(3): 71–80.
- Tylewicz, U., Inchingolo, R. and Rodriguez-Estrada, M. T. 2017. Food aroma compounds. In *Nutraceutical and functional food components* (pp. 363-409). Academic Press.
- Tylewicz, U., Inchingolo, R. and Rodriguez-Estrada, M. T. 2022. Food aroma compounds. In *Nutraceutical and functional food components* (pp. 363-409). Academic Press.
- Jiang, Z., Chen, H., Li, M., Wang, W., Long, F. and Fan, C. 2023. Associations between colorectal cancer risk and dietary intake of tomato, tomato products, and lycopene: evidence from a prospective study of 101,680 US adults. *Frontiers in Oncology*, 13, 1220270.
- Ulrich, D., Kecke, S. and Olbricht, K. 2018. What do we know about the chemistry of strawberry aroma? *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(13): 3291-3301.
- Valle-Castillo, C. E., Valdez-Morales, M., Medina-Godoy, S., Segoviano-León, J. P., García-Ulloa, M., Valverde-Juárez, F. J. and Espinosa-Alonso, L. G. 2021. Physicochemical, microbiological, and nutrimental quality of tomato industrial by-product and its valorization as source of carotenoid rich oil. *Agro Productividad*, 14(1): 49-54.
- Van Stokkom, V. L., Blok, A. E., Van Kooten, O., De Graaf, C. and Stieger, M. 2018. The role of smell, taste, flavour and texture cues in the identification of vegetables. *Appetite*, 121, 69-76.
- Wang, L., Baldwin, E. A., Plotto, A., Luo, W., Raithore, S., Yu, Z. and Bai, J. 2015. Effect of methyl salicylate and methyl jasmonate pre-treatment on the volatile profile in tomato fruit subjected to chilling temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 108, 28-38.
- Wu, Z., Xie, L., Li, Y., Wang, Y., Wang, X., Wan, N. and Yang, M. 2019. A novel application of the vacuum distillation technology in extracting *Origanum vulgare* L. essential oils. *Industrial Crops and Products*, 139, 111516.

- Yang, T., Yang, X., Wang, X., Wang, Y. and Song, Z. 2013. The role of tomato products and lycopene in the prevention of gastric cancer: a meta-analysis of epidemiologic studies. *Medical hypotheses*, 80(4): 383-388.
- Yılmaz, T., Kumcuoglu, S. and Tavman, S. 2017. Ultrasound-assisted extraction of lycopene and β -carotene from tomato-processing wastes. *Italian Journal of Food Science/Rivista Italiana di Scienza degli Alimenti*, 29(1).
- Zhang, H., Xie, Y., Liu, C., Chen, S., Hu, S., Xie, Z., Deng, X. and Xu, J. 2017. Comprehensive comparative analysis of volatile compounds in citrus fruits of different species. *Food chemistry*, 230, 316-326.
- Zhang, J., Liu, S., Zhu, X., Chang, Y., Wang, C., Ma, N., Lyu, C. and Xie, J. 2023. A comprehensive evaluation of tomato fruit quality and identification of volatile compounds. *Plants*, 12(16): 2947.



7. EKLER

EK-1. Farklı basınç ve fraksiyon seviyelerinde aroma bileşiklerinin konsantrasyonları

Aromatik bileşikler											
Basınç	Fraksiyon seviyesi	trans-2-Heptenal	1-Penten-3-on	3-Metil bütanal	3-Pentanon	Pentanal	(trans,trans)-2,4,Dekadienal	1-Penten-3-ol	cis-3-Heksenal	Hekzanal	3-Metilbütanol
200	1	3,641±0,082	0,920±0,014	0,361±0,004	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	2	3,385±0,032	0,664±0,008	1,531±0,035	T.E.	0,843±0,029	T.E.	T.E.	1,662±0,030	3,216±0,081	0,222±0,014
	3	0,077±0,004	0,052±0,020	0,175±0,020	T.E.	1,497±0,014	T.E.	T.E.	3,552±0,024	11,376±0,169	1,580±0,028
	4	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0,023±0,001	T.E.	T.E.	0,096±0,004	2,460±0,075	0,133±0,008
	5	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	6	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
400	1	3,473±0,055	0,976±0,024	0,483±0,006	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	1,118±0,033	0,691±0,009	1,133±0,023	T. E.	0,945±0,035	T. E.	T. E.	1,062±0,026	2,615±0,060	0,201±0,013
	3	0,049±0,01	T. E.	0,362±0,007	T. E.	1,199±0,026	T. E.	T. E.	3,608±0,088	12,086±0,280	1,377±0,480
	4	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	0,084±0,004	T. E.	T. E.	0,341±0,020	2,186±0,018	0,106±0,007
	5	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.

EK-1. devamı

Aromatik bileşikler											
Basınç	Fraksiyon seviyesi	trans-2-Heptenal	1-Penten-3-on	3-Metilbütanal	3-Pentanon	Pentanal	(trans,trans)-2,4,Dekadienal	1-Penten-3-ol	cis-3-Heksenal	Hekzanal	3-Metilbütanol
600	1	3,382±0,060	0,911±0,031	1,217±0,014	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	1,060±0,029	0,691±0,031	0,953±0,008	T. E.	1,198±0,032	T. E.	T. E.	1,172±0,037	1,460±0,059	0,175±0,011
	3	0,038±0,08	0,090±0,003	0,154±0,002	T. E.	0,900±0,024	T. E.	T. E.	3,625±0,035	12,082±0,386	1,423±0,023
	4	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	0,053±0,007	T. E.	T. E.	0,174±0,010	0,241±0,011	0,067±0,008
	5	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
800	1	3,161±0,035	0,880±0,016	0,551±0,015	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	0,967±0,022	0,438±0,009	1,034±0,011	T. E.	1,275±0,030	T. E.	T. E.	0,995±0,089	1,410±0,024	0,163±0,005
	3	T. E.	T. E.	0,220±0,006	T. E.	0,685±0,013	T. E.	T. E.	2,590±0,065	8,993±0,254	0,983±0,030
	4	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.

EK-1. devamı

Aromatik bileşikler											
Basınç	Fraksiyon seviyesi	trans-2-Heptenal	1-Penten-3-on	3-Metilbütanal	3-Pentanon	Pentanal	(trans,trans)-2,4,Dekadienal	1-Penten-3-ol	cis-3-Heksenal	Hekzanal	3-Metilbütanol
1000	1	T. E.	0,964±0,007	0,527±0,027	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	2,930±0,029	0,310±0,006	1,035±0,026	T. E.	1,354±0,019	T. E.	T. E.	0,886±0,022	1,302±0,044	0,144±0,007
	3	T. E.	T. E.	0,103±0,008	T. E.	0,324±0,010	T. E.	T. E.	1,538±0,042	7,459±0,275	0,808±0,020
	4	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.

EK-1. devamı

Aromatik bileşikler											
Basınç	Fraksiyon seviyesi	trans-2-Heksenal	Hekzanol	6-Metil-5-hepten-2-on	6-Metil-5-hepten-2-ol	2-İzobütil tiyazol	Fenilasetaldehit	Gayakol	Linalool	Fenetil alkol	Metil silikat
200	1	T. E.	T. E.	T. E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	1,501±0,012	0,488±0,006	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	4	6,689±0,119	6,927±0,057	0,107±0,006	T.E.	T. E.	0,116±0,060	T. E.	T.E.	T. E.	T. E.
	5	0,108±0,006	0,896±0,035	1,360±0,019	T.E.	T.E.	1,139±0,036	T. E.	T.E.	T. E.	T. E.
	6	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0,332±0,005	T. E.	T.E.	0,667±0,030	T. E.
400	1	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	0,976±0,037	0,589±0,021	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	4	7,190±0,114	6,930±0,146	0,090±0,005	T. E.	T. E.	0,559±0,013	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	0,079±0,003	0,724±0,035	1,303±0,413	T. E.	T. E.	1,084±0,009	T. E.	T. E.	4,551±0,038	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	0,158±0,003	T. E.	T. E.	0,155±0,007	T. E.

EK-1. devamı

Aromatik bileşikler											
Basınç	Fraksiyon seviyesi	trans-2-heksenal	Hekzanol	6-Metil-5-hepten-2-on	6-Metil-5-hepten-2-ol	2-İzobütil tiyazol	Fenilasetaldehit	Gayakol	Linalool	Fenetil alkol	Metil silikat
600	1	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	1,094±0,031	0,471±0,015	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	4	6,311±0,149	5,831±0,106	0,071±0,008	T. E.	T. E.	0,711±0,008	T.E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	T. E.	0,343±0,013	0,953±0,029	T. E.	T. E.	0,917±0,012	T. E.	T. E.	4,902±0,071	T. E.
	6	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	0,087±0,007	T.E.	T.E.	0,059±0,006	T.E.
800	1	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	0,938±0,027	0,447±0,024	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	4	4,819±0,095	5,480±0,188	T. E.	T. E.	T. E.	1,116±0,010	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	T. E.	T. E.	0,770±0,046	T. E.	T. E.	0,201±0,013	T. E.	T. E.	4,779±0,165	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	0,050±0,001	T. E.	T. E.	0,125±0,010	T. E.

EK-1. devamı

Aromatik bileşikler											
Basınç	Fraksiyon seviyesi	trans-2-Heksenal	Hekzanol	6-Metil-5-hepten-2-on	6-Metil-5-hepten-2-ol	2-İzobütil tiyazol	Fenilasetaldehit	Gayakol	Linalool	Fenetil alkol	Metil silikat
1000	1	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	0,914±0,032	0,320±0,011	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	4	3,972±0,131	2,945±0,182	T.E.	T. E.	T. E.	1,293±0,017	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	T. E.	T. E.	0,696±0,033	T. E.	T.E.	0,459±0,020	T. E.	T. E.	5,201±0,103	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T.E.	0,023±0,007	T. E.	T. E.	0,084±0,005	T. E.

EK-1. devamı

Aromatik bileşikler						
Basınç	Fraksiyon seviyesi	Geranial	1-Nitro-2-feniletan	Geranil aseton	Öjenol	β -İyonon
200	1	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	4	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
400	1	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	4	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.

EK-1. devamı

Aromatik bileşikler						
Basınç	Fraksiyon seviyesi	Geranial	1-Nitro-2-feniletan	Geranil aseton	Öjenol	β -İyonon
600	1	T. E.	T. E.	T. E.	T.E.	T.E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	T. E.	T. E.	T. E.	T.E.	T. E.
	4	T. E.	T. E.	T. E.	T.E.	T. E.
	5	T. E.	T. E.	T. E.	T.E.	T.E.
	6	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
800	1	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	2	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	3	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	4	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	5	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
	6	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.

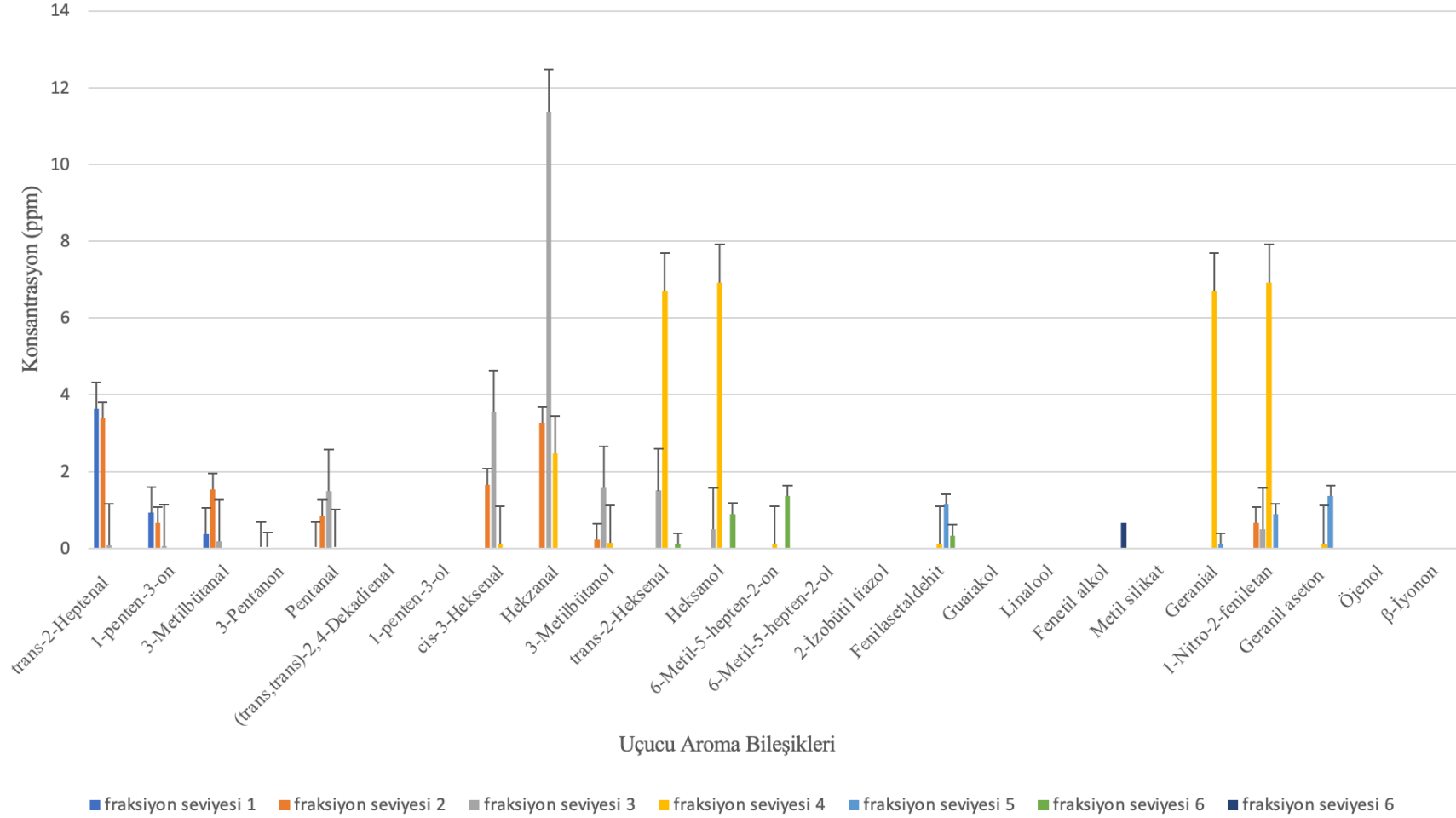
EK-1. devamı

Aromatik bileşikler						
Basınç	Fraksiyon seviyesi	Geranial	1-Nitro-2-feniletan	Geranil aseton	Öjenol	β-İyonon
1000	1	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	2	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	3	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	4	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	5	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.
	6	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.

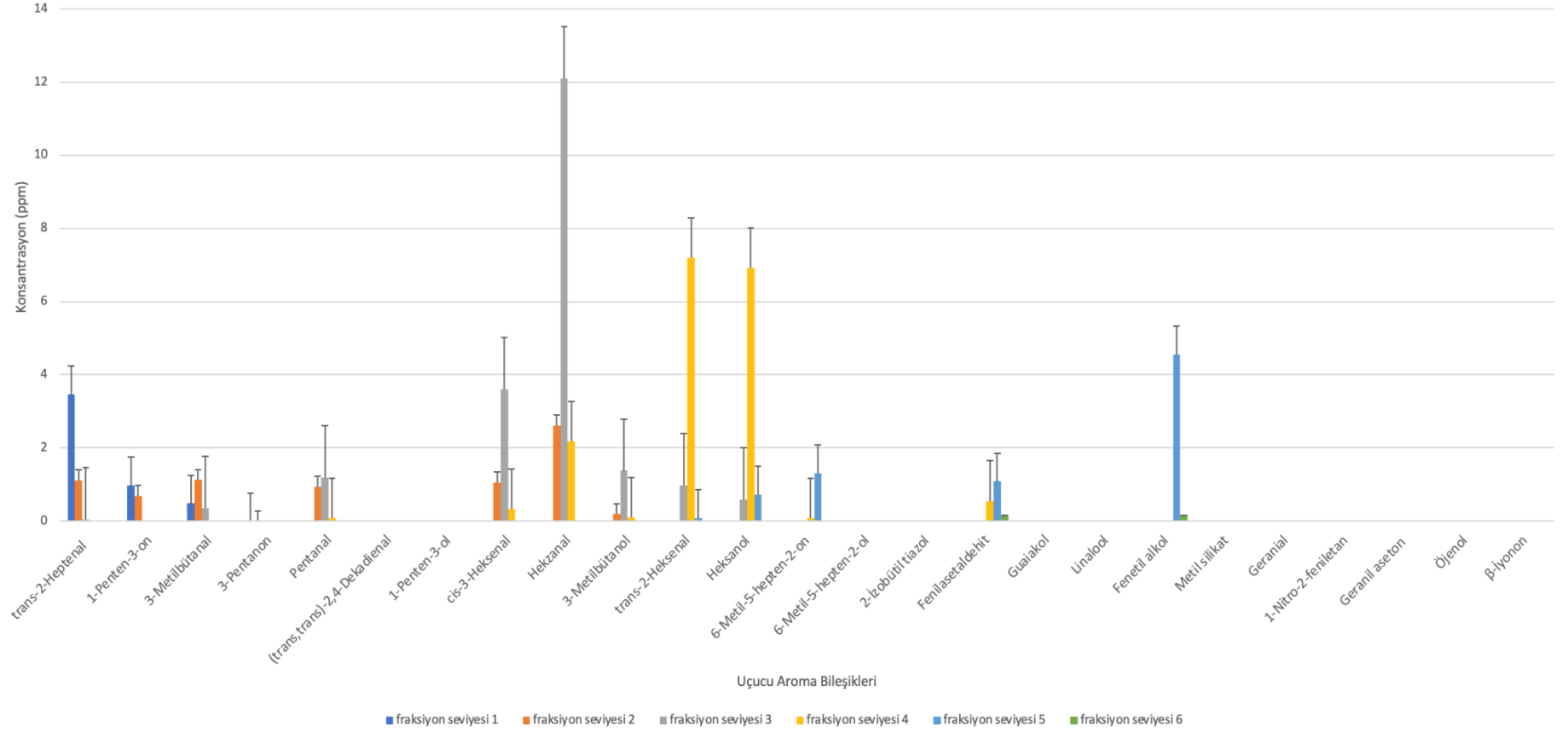
EK-2. Domates aroma bileşiklerinin konsantrasyonları

Aromatik bileşikler	Konsantrasyon (ppm)
trans-2-Heptenal	0,320±0,025
1-Penten-3-on	0,059±0,005
3-Metilbütanol	0,063±0,001
3-Pentanon	0,084±0,003
Pentalal	0,090±0,025
(trans,trans)-2,4-Dekadienal	0,043±0,001
1-Penten-3-ol	0,011±0,001
cis-3-Heksenal	0,083±0,002
Hekzanal	1,105±0,024
3-Metilbütanol	0,272±0,004
trans-2-Heksenal	0,176±0,002
Hekzanol	1,441±0,024
6-Metil-5-hepten-2-on	0,108±0,002
6-Metil-5-hepten-2-ol	0,035±0,001
2-İzobütil tiazol	0,011±0,005
Fenilasetaldehit	0,127±0,003
Gayakol	0,043±0,005
Linalool	0,023±0,007
Fenetil alkol	0,761±0,015
Metil silikat	0,022±0,003
Geranial	0,068±0,003
1-Nitro-2-feniletan	0,027±0,003
Geranil aseton	0,037±0,001
Öjenol	0,023±0,002
β-İyonon	0,005±0,004

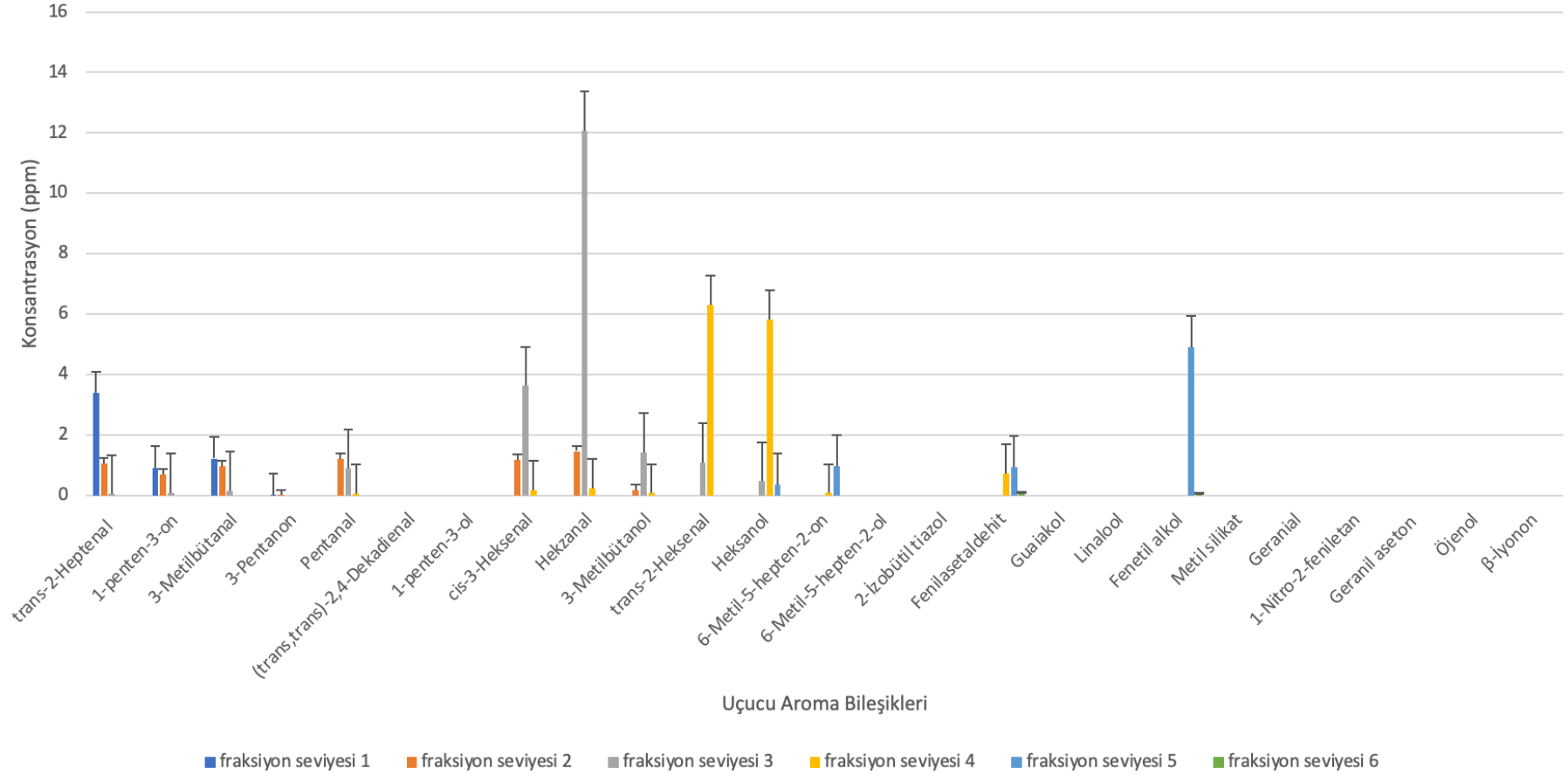
EK-3. 200 mbar mutlak basınç altında vejetatif kısımlarda aromatik bileşiklerin fraksiyonlara göre dağılımı (ortalama $\pm$ standart hata ortalaması)



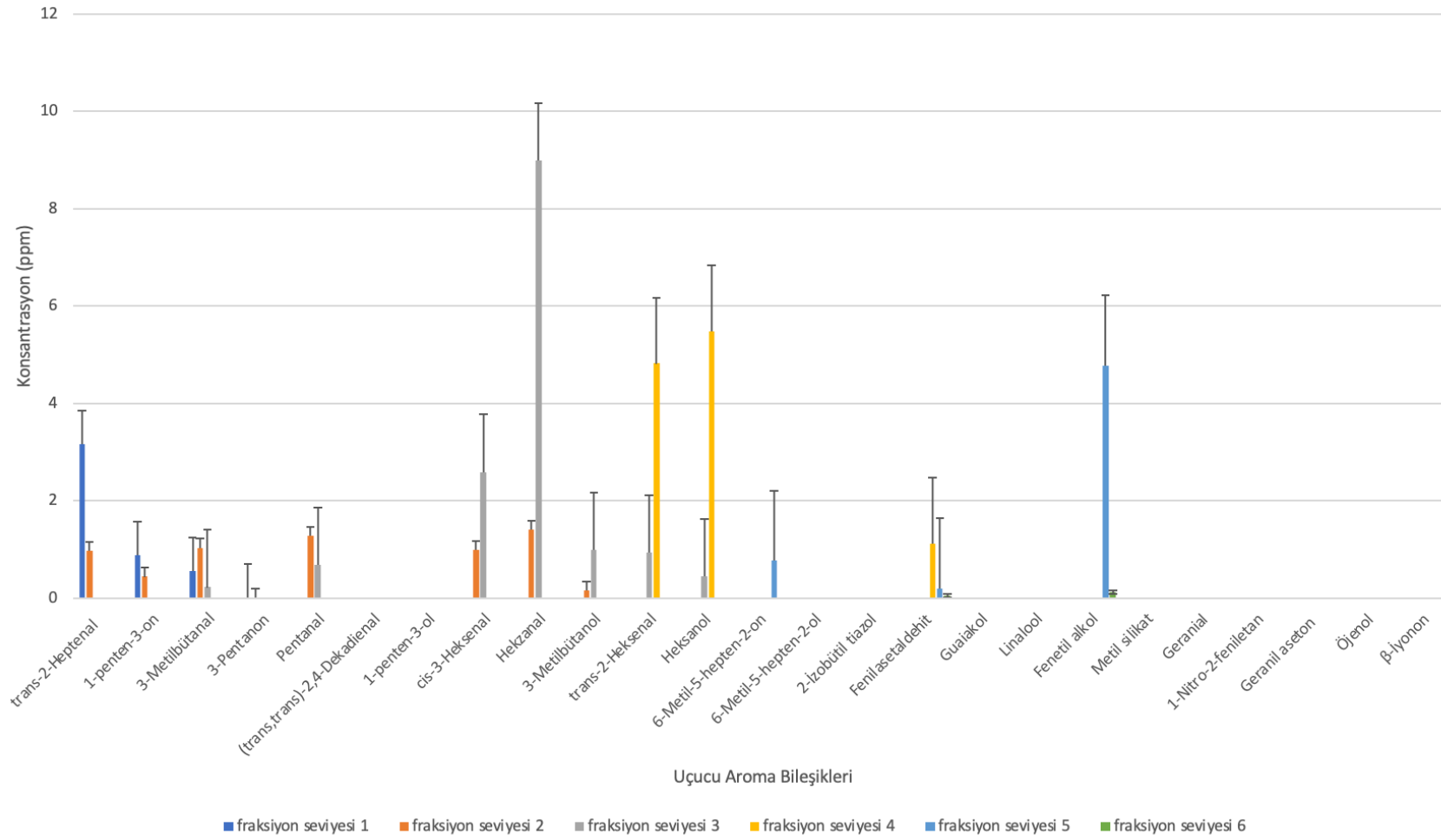
EK-4. 400 mbar mutlak basınç altında vejetatif kısımlarda aromatik bileşiklerin fraksiyonlara göre dağılımı (ortalama $\pm$ standart hata ortalaması)



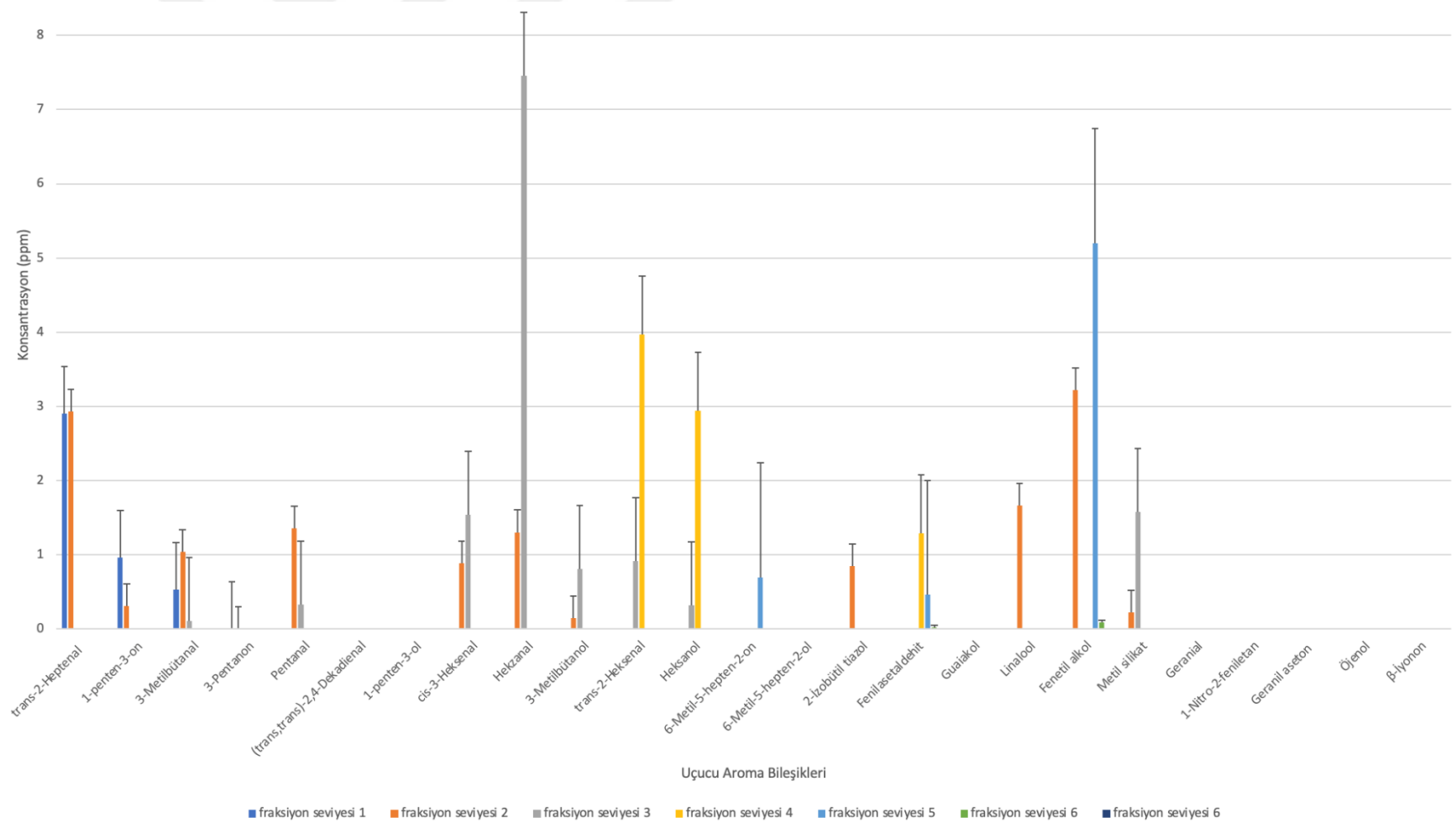
EK-5. 600 mbar mutlak basınç altında vejetatif kısımlarda aromatik bileşiklerin fraksiyonlara göre dağılımı (ortalama $\pm$ standart hata ortalaması)



EK-6. 800 mbar mutlak basınç altında vejetatif kısımlarda aromatik bileşiklerin fraksiyonlara göre dağılımı (ortalama $\pm$ standart hata ortalaması)



EK-7. 1000 mbar mutlak basınç altında vejetatif kısımlarda aromatik bileşiklerin fraksiyonlara göre dağılımı (ortalama $\pm$ standart hata ortalaması)



EK-8. Basınca göre Kruskal–Wallis H testi

Değişken / Grup	Basınc	n	Sıra Ortalaması	H	p
trans-2-Heptenal	200	24	68,29	3,995	0,407
	400	24	63,92		
	600	24	62,54		
	800	24	54,33		
	1000	24	53,42		
1-Penten-3-on	200	24	64,33	1,691	0,792
	400	24	59,50		
	600	24	65,21		
	800	24	56,21		
	1000	24	57,25		
3-Metilbütanal	200	24	60,00	0,203	0,995
	400	24	61,67		
	600	24	62,13		
	800	24	60,38		
	1000	24	58,33		
3-Pentanon	200	24	60,50	0,0000	1
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
Pentanal	200	24	64,04	1,874	0,759
	400	24	64,04		
	600	24	63,00		
	800	24	55,63		
	1000	24	55,79		
(trans,trans)-2,4-Dekadienal	200	24	60,50	0,0000	1
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
1-Penten-3-ol	200	24	60,50	0,0000	1
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
cis-3-Heksenal	200	24	64,83	3,084	0,544
	400	24	64,58		
	600	24	64,33		
	800	24	55,38		
	1000	24	53,38		

Değişken / Grup	Basınc	n	Sıra Ortalaması	H	p
Hekzanal	200	24	67,58	4,687	0,321
	400	24	66,63		
	600	24	61,67		
	800	24	54,00		
	1000	24	52,63		
3-Metilbütanol	200	24	66,50	3,067	0,547
	400	24	64,17		
	600	24	62,75		
	800	24	55,25		
	1000	24	53,83		
trans-2-Heksenal	200	24	66,75	2,661	0,616
	400	24	65,17		
	600	24	58,54		
	800	24	56,46		
	1000	24	55,58		
Heksanol	200	24	67,17	4,978	0,290
	400	24	67,50		
	600	24	61,54		
	800	24	54,29		
	1000	24	52,00		
6-Metil-5-hepten-2-on	200	24	65,54	4,020	0,403
	400	24	64,71		
	600	24	63,25		
	800	24	54,67		
	1000	24	54,33		
6-Metil-5-hepten-2-ol	200	24	60,50	0,0000	1
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
2-İzobütil tiyazol	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
Fenilasetaldehit	200	24	60,63	0,133	0,998
	400	24	62,13		
	600	24	60,54		
	800	24	58,71		
	1000	24	60,50		

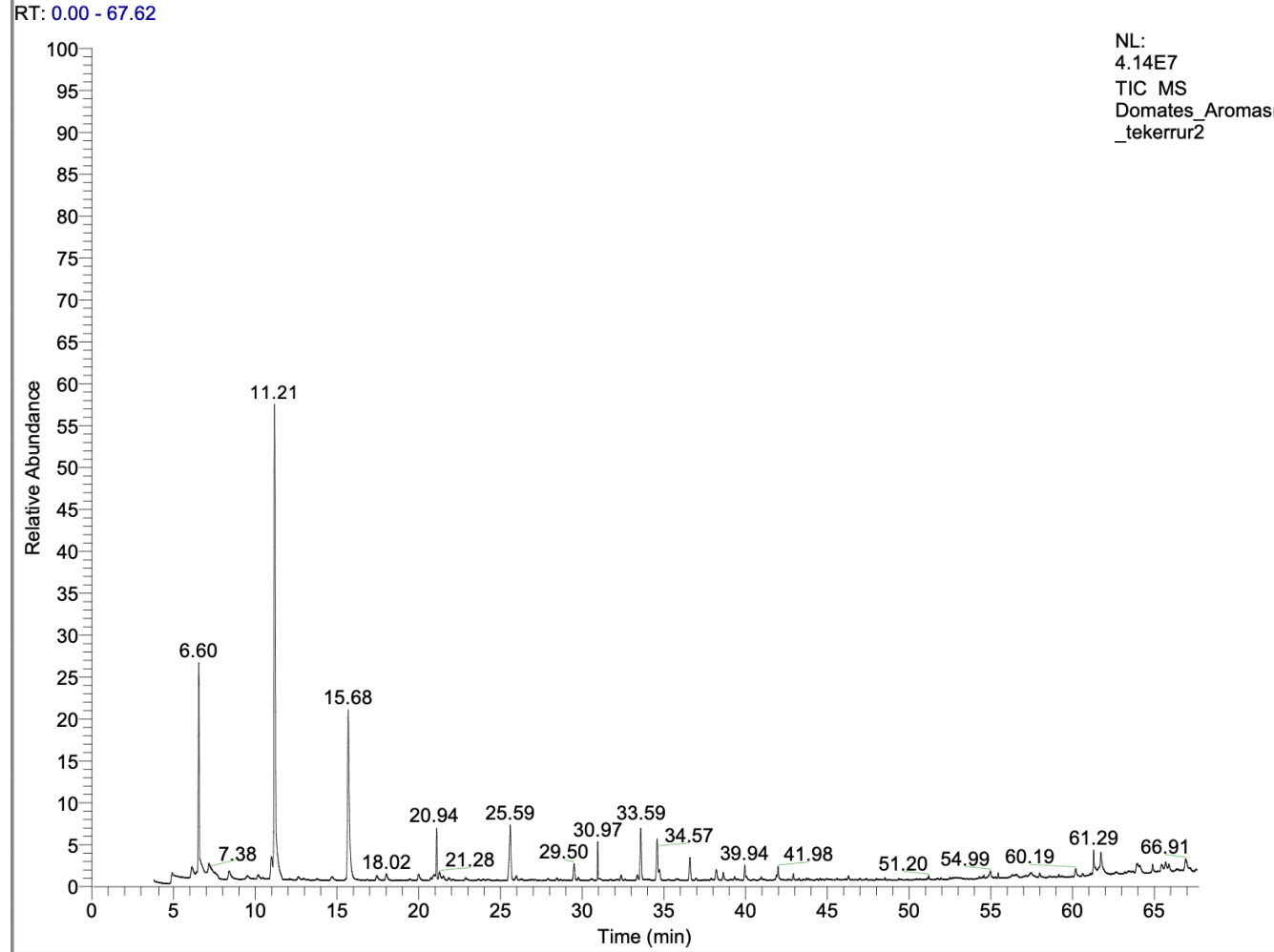
Değişken / Grup	Basınc	n	Sıra Ortalaması	H	p
Gayakol	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
Linalool	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
Fenetil alkol	200	24	52,50	2,445	0,655
	400	24	62,63		
	600	24	61,67		
	800	24	62,75		
	1000	24	62,96		
Metil silikat	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
Geranial	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
1-Nitro-2-feniletan	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
Geranil aseton	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
Öjenol	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		
β-Iyonon	200	24	60,50	0,000	1,000
	400	24	60,50		
	600	24	60,50		
	800	24	60,50		
	1000	24	60,50		

EK-9. Fraksiyon seviyesine göre Kruskal–Wallis H testi

Değişken / Grup	n	Sıra Ortalaması	H	p
trans-2-Heptenal	1 20	108,20	108,108	0,001
	2 20	92,80		
	3 20	58,50		
	4 20	34,50		
	5 20	34,50		
	6 20	34,50		
1-Penten-3-on	1 20	110,50	109,458	0,001
	2 20	90,50		
	3 20	52,50		
	4 20	36,50		
	5 20	36,50		
	6 20	36,50		
3-Metilbütanal	1 20	93,25	114,698	0,001
	2 20	107,30		
	3 20	70,95		
	4 20	30,50		
	5 20	30,50		
	6 20	30,50		
3-Pentanon	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
Pentanal	1 20	34,50	106,088	0,001
	2 20	103,55		
	3 20	97,45		
	4 20	58,50		
	5 20	34,50		
	6 20	34,50		
(trans,trans)-2,4-Dekadienal	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
1-Penten-3-ol	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
cis-3-Heksenal	1 20	34,50	109,207	0,001
	2 20	91,20		
	3 20	109,80		
	4 20	58,50		
	5 20	34,50		
	6 20	34,50		

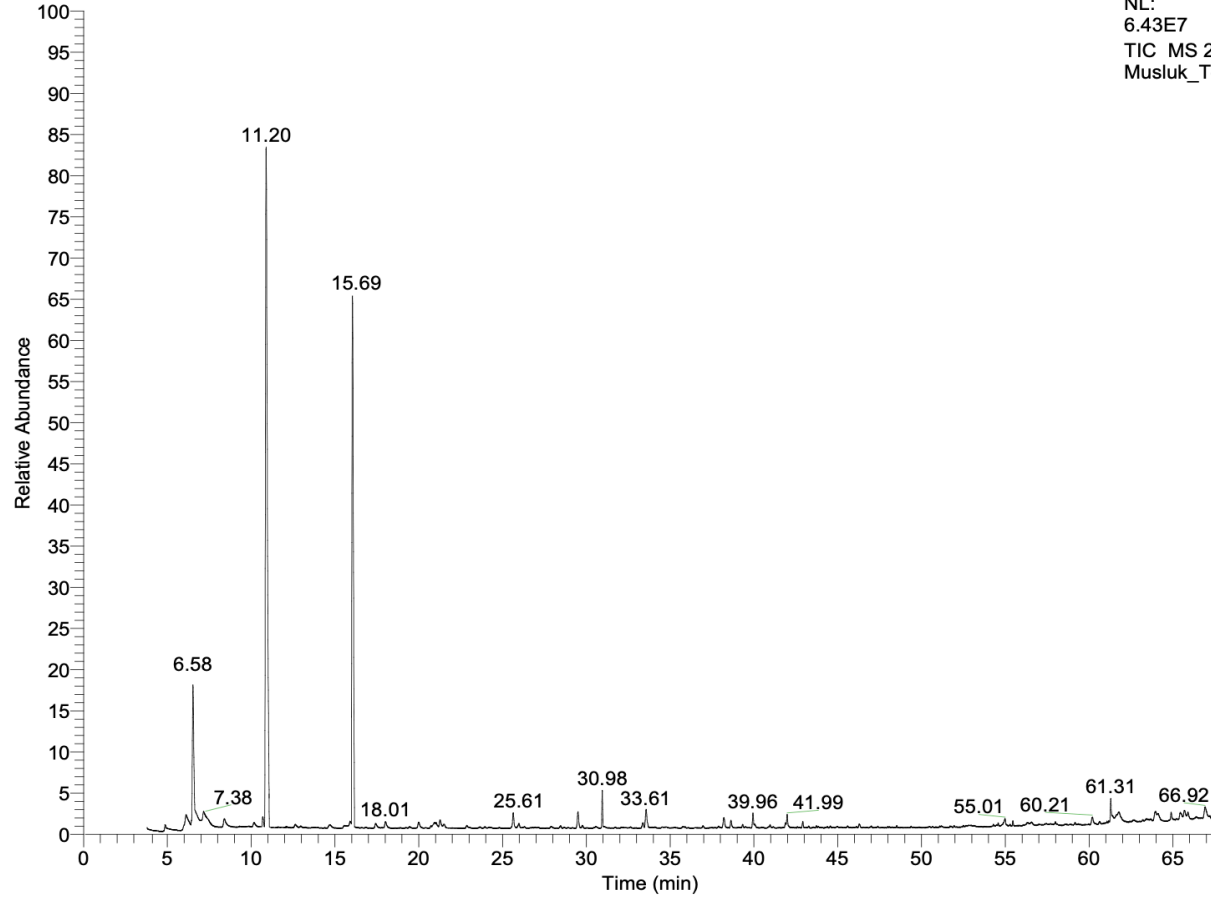
Değişken / Grup	n	Sıra Ortalaması	H	p
Hekzanal	1 20	34,50	104,298	0,001
	2 20	85,50		
	3 20	110,50		
	4 20	63,50		
	5 20	34,50		
	6 20	34,50		
3-Metilbütanol	1 20	34,50	109,306	0,001
	2 20	90,15		
	3 20	110,50		
	4 20	58,85		
	5 20	34,50		
	6 20	34,50		
trans-2-Heksenal	1 20	36,50	109,458	0,001
	2 20	36,50		
	3 20	90,50		
	4 20	110,50		
	5 20	52,50		
	6 20	36,50		
Heksanol	1 20	34,50	101,621	0,001
	2 20	34,50		
	3 20	81,90		
	4 20	110,50		
	5 20	67,10		
	6 20	34,50		
6-Metil-5-hepten-2-on	1 20	44,50	101,523	0,001
	2 20	44,50		
	3 20	44,50		
	4 20	74,50		
	5 20	110,50		
	6 20	44,50		
6-Metil-5-hepten-2-ol	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
2-İzobütil tiyazol	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
Fenilasetaldehit	1 20	30,50	110,733	0,001
	2 20	30,50		
	3 20	30,50		
	4 20	99,50		
	5 20	99,05		
	6 20	72,95		

Değişken / Grup	n	Sıra Ortalaması	H	p
Gayakol	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
Linalool	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
Fenetil alkol	1 20	42,50	98,013	0,001
	2 20	42,50		
	3 20	42,50		
	4 20	42,50		
	5 20	98,50		
	6 20	94,50		
Metil silikat	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
Geranial	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
1-Nitro-2-feniletan	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
Geranil aseton	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
Öjenol	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		
β-Iyonon	1 20	60,50	0,000	1,000
	2 20	60,50		
	3 20	60,50		
	4 20	60,50		
	5 20	60,50		
	6 20	60,50		

EK-10. Kontrol grubu 2. tekerrüre ait uçucu bileşiklerin kromatogram verileri

EK-11. Vejetatif kısımlara ait 200 mbar mutlak basınç altında elde edilen 2. tekerrürdeki uçucu bileşiklerin kromatogram verileri

RT: 0.00 - 67.62



NL:
6.43E7
TIC MS 200_Bar_4_
Musluk_Tekerrur2

ÖZGEÇMİŞ

Aleyna OKUTUCU

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2023-2025	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi
2018-2022	Kimya- Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul