

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**FortunaXRubygem F1 Çilek Populasyonunda Aroma
Bileşikleri ile Bağlantılı QTL Analizleri**

Esra EKŞİ

Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Mart, 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ ONAYI

FortunaXRubygem F1 Çilek Populasyonunda Aroma
Bileşikleri ile Bağlantılı QTL Analizleri

Esra EKŞİ

Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Bu Doktora Tezi 15/03/2024 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Salih KAFKAS (Danışman)
: Prof. Dr. N. Ebru KAFKAS
: Prof. Dr. Hakan ÖZKAN
: Doç. Dr. Hayat TOPÇU
: Doç. Dr. Ş. Burak BÜKÜCÜ

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma “Bitki Genetiği ve Tarımsal Biyoteknoloji” tematik alanında 100/2000 YÖK Doktora Bursu ve Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: FDK-2021-14115

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
2.1 Çilekte Aroma Bileşikler ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	9
2.2 Çilekte QTL ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	14
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1 Materyal.....	19
3.2 Metot.....	20
3.2.1 Aroma Bileşiklerin Tayini.....	20
3.2.2. Genetik Bağlantı Haritası.....	21
3.2.3. QTL Analizleri.....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1 Aroma Analizleri	23
4.1.1. Alkol İçeriği	23
4.1.2. Ester İçeriği.....	25
4.1.3. Keton İçeriği	27
4.1.4. Terpen İçeriği.....	27
4.1.5. Aldehit İçeriği	28
4.1.6. Asit İçeriği.....	29
4.1.7. Lakton İçeriği.....	30
4.1.8. Furanon İçeriği.....	30
4.2 QTL Analizleri.....	31
4.2.1. İncelenen Özellikler Arası PCA ve Korelasyon Analizi.....	31
4.2.2. Ebeveyn Haritalarındaki Markör ve Bağlantı Grupları.....	37
4.2.3. QTL Bölgelerinin Tanımlanması	39
4.2.4. Alkol Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları.....	39
4.2.5. Ester Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları.....	44
4.2.6. Terpen Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları	57
4.2.7. Aldehit Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları.....	62
4.2.8. Asit Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları	64

4.2.9. Lakton Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları	68
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	83



**FortunaXRubygem F1 Çilek Populasyonunda Aroma
Bileşikleri ile Bağlantılı QTL Analizleri**

Esra EKŞİ

Danışman: Prof. Dr. Salih KAFKAS

Biyoteknoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Ticari olarak yetiştiriciliği yapılan çilek (*Fragaria x ananassa*) çeşitlerinin meyvelerinde 350'den fazla uçucu organik bileşiğin (VOC) varlığı nedeniyle karmaşık bir aromaya sahiptir. Aromanın iyileştirilmesi çilek yetiştiricileri ve özellikle ıslahçılar için en önemli hedeflerdendir. Hem tatlı hem de aromalı meyve eti sert yola ve muhafazaya dayanım gibi birkaç özellik çilekte en önemli ancak en karmaşık özelliklerdendir. Moleküler destekli ıslah, özellikle ıslah süreci sırasında çeşitli ilgi çekici özelliklerle bağlantılı belirteçlerle birleştirildiğinde, geleneksel fenotipik değerlendirmelere ek olarak aroma gibi karmaşık özelliklerin seçiminde büyük kolaylık sağlayacaktır. Bununla birlikte, anahtar uçucu bileşikler (KVC) yada temel uçucu bileşikler olarak adlandırılan 19 bileşiğin karışımının ana çilek aromasını verdiği bilinmektedir. Yetiştirilen çilek çeşitlerinin genetik yapısının özellikle kromozom sayısının $2n = 8x = 56$ ve aromanın poligenik özellik göstermesi nedeniyle kolay değildir. Bu çalışmada Fortuna X Rubygem çeşitlerinin melezlenmesiyle elde edilen F1 populasyonuna ait 160 genotip ve bunların ebeveynleri farklı derim dönemlerinde iki yıl süre ile HS/SPME/GC/MS tekniği ile uçucu aroma bileşikleri açısından fenotiplendirilmiştir. Toplam 76 ester bileşiği, 15 terpen bileşiği, 12 aldehit bileşiği, 14 asit bileşiği, 37 alkol bileşiği bir lakton ve bir furan bileşiği olmak üzere 7 farklı kimyasal sınıf tanımlanmıştır. Toplam 28 aroma uçucu bileşiği için 229 QTL ($LOD > 2.0$) bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Aroma Headspace, Çilek, GC-MS, SPME, QTL

**QTL Analyzes Related to Aroma Compounds in
FortunaXRubygem F1 Strawberry Population**

Esra EKŞİ

Advisor: Prof. Dr. Salih KAFKAS

Department of Biotechnology

ABSTRACT

Commercially cultivated strawberry (*Fragaria x ananassa*) varieties have a complex aroma due to the presence of more than 350 volatile organic compounds (VOCs) in their fruits. Improving flavor is one of the most important goals for strawberry breeders and especially for breeders. Several traits, such as resistance to both sweet and flavored fruit flesh hard road and preservation, are among the most important but most complex traits in strawberries. Molecular-assisted breeding, especially when combined with markers linked to several traits of interest during the breeding process, will greatly facilitate the selection of complex traits such as flavor in addition to traditional phenotypic evaluations. However, a mixture of 19 compounds, called key volatile compounds (KVC) or basic volatile compounds, is known to give the main strawberry aroma. The genetic structure of cultivated strawberry varieties is not easy to be determined, especially since the number of chromosomes is $2n = 8x = 56$ and the aroma is polygenic. In this study, 160 genotypes belonging to the F1 population obtained by crossbreeding Fortuna X Rubygem varieties and their parents were phenotyped in terms of volatile aroma compounds by HS/SPME/GC/MS technique for two years at different harvest periods. A total of 76 ester compounds, 15 terpene compounds, 12 aldehyde compounds, 14 acid compounds, 37 alcohol compounds, 7 different chemical classes including one lactone and one furan compound were identified. A total of 229 QTL (LOD > 2.0) were found for a total of 28 aroma volatile compounds.

Keywords: Aroma Headspace, Strawberry, GC-MS, SPME, QTL

TEŞEKKÜR

Doktora eğitim hayatım boyunca beni destekleyen, Doktora tezimin tüm aşamaları boyunca katkı ve bilgisini sunan, tezim süresince fikir ve yorumlarıyla bana destek olan Sayın hocam Prof. Dr. Salih KAKFAS' a saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Bu tez çalışmasının yürütülmesinde çok değerli katkıları olan, desteğini ve içtenlikle yardımseverliğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Nesibe Ebru KAFKAS'a yürekten saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinde görev alan ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Ş. Burak BÜKÜCÜ hocama saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Doktora öğrencisi Burak Özgören'e tez çalışmamın biyoinformatik analizindeki katkılarından dolayı teşekkür ederim. Bu tez kapsamında bitki materyali yetiştirmedeki katkılarından dolayı Yaltır Tarım'a ve desteğini esirgemeyen Dr. Duygu Ayvaz SÖNMEZ'e teşekkürlerimi sunarım. Arş. Gör. Dr. Şule Hilal ATTAR'a ve Dr. İpek ÜRÜN'e ve kromatografi laboratuvarındaki tüm ekip arkadaşlarıma hasat sürecindeki katkılarından dolayı teşekkür ederim. Teknisyen Doğan Ergüne katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Moleküler Genetik Laboratuvarındaki Doç. Dr. Hayat Topcu'ya, Doç. Dr. Harun Karcı'ya Dr. Habibullah TEVFİK'e, Arş. Gör. Ömer Faruk BİLGİN'e, Arş. Gör. Mesut ADA'ya, Dr. Leyla Nurefşan GÜNDÜZ'e, Dr. Yakup POLAT'a, Kaan Fethi KAYA'ya, Esra GÖLCÜ'ye, Uzman Moleküler Biyolog Murat KAZAN'a manevi desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana destek olan her zaman tüm kararlarımda saygı duyup yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım. Değerli arkadaşım Sevilay Arı'ya manevi desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresince destek sağlayan YÖK 100/2000 doktora programına, Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve tezin bitkisel materyal kaynağını oluşturan desteklenen PRIMA MedBerry projesine destek sağlayan Tubitak'a teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.Çilek meyvelerinde belirlenen alkol bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri.....	24
Çizelge 4.2 Çilek meyvelerinde belirlenen ester bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri.....	25
Çizelge 4.3 Çilek meyvelerinde belirlenen ester bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri (Devamı)	26
Çizelge 4.4 Çilek meyvelerinde belirlenen keton bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri.....	27
Çizelge 4.5. Çilek meyvelerinde belirlenen terpen bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri.....	28
Çizelge 4.6 Çilek meyvelerinde belirlenen aldehit bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerler.....	29
Çizelge 4.7. Çilek meyvelerinde belirlenen asit bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri.....	29
Çizelge 4.8. Çilek meyvelerinde belirlenen lakton bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri.....	30
Çizelge 4.9 Çilek meyvelerinde belirlenen furan bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri.....	30
Çizelge 4.10. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Hexanol Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	40
Çizelge 4. 11. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Hexanol 2 Ethyl bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	41
Çizelge 4.12. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Octanol bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	42
Çizelge 4. 13. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 2-Hexen 1-ol bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	43
Çizelge 4.14. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1.2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	44
Çizelge 4.15. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Butanol 2-methyl acetate Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	45
Çizelge 4.16. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Butanol 3-methyl acetate Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	46
Çizelge 4. 17. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 2-Hexen 1-ol acetate Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	47

Çizelge 4.18. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Butyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	48
Çizelge 4.19. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Ethyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	49
Çizelge 4.20. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Hexyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	50
Çizelge 4.21. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Methyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	51
Çizelge 4.22. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Phenylmethyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	53
Çizelge 4.23. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Butanoic Acid Ethyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	54
Çizelge 4. 24. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Butanoic Acid Methyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	55
Çizelge 4.25. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexanoic Acid Ethyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	56
Çizelge 4.26. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexanoic Acid Methyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	57
Çizelge 4.27 Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Alpha Terpineol Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	58
Çizelge 4.28. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexadecane Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	59
Çizelge 4.29. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Linalool Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	60
Çizelge 4.30. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Nerolidol Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	62
Çizelge 4.31. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexenal Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	63
Çizelge 4.32. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic acid Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	64
Çizelge 4. 33. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Butanoic acid 2 methyl Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	65
Çizelge 4.34. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexanoic acid Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	66
Çizelge 4.35. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Octanoic Acid Bileşiği İle Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	67

Çizelge 4.36. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Propanoic acid 2 methyl Bileşigi ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	68
Çizelge 4.37. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Gamma Decalactone Bileşigi ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri	69



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Ebeveyn Çilek Çeşitlerinin Görünümü: a- Fortuna, b- Rubygem.....	19
Şekil 3.2. Melez çilek bireyleri ile ebeveynlerine ait görünümeler	19
Şekil 3.3. a- Melez çilek meyvelerine ait görünüm, b- Aroma analizi için örnek hazırlama aşaması.....	20
Şekil 3.4. Aroma Bileşiklerinin Headspace SPME GC-MS cihazı ile analiz aşamasından görünümeler.....	21
Şekil 4.1. HS/SPME/GC/MS tekniği ile belirlenen uçucu aroma bileşiklerinin kromatogramlarına ait bir görünüm grafiği	23
Şekil 4.2. 2021 Yılı Yetiştirme Sezonunda İki Hasat Boyunca Çilekle İlgili 28 Farklı Fenotipik Karakter Arasındaki Korelasyon Grafiği	32
Şekil 4.3. 2022 Yılı Yetiştirme Sezonunda İki Hasat Zamanı Boyunca Çilekle İlgili 28 Farklı Fenotipik Karakter Arasındaki Korelasyon Grafiği.....	33
Şekil 4.4. Çilek ile İlgili Aroma Bileşiklerinin 2021-2022 Yılı Dört Hasat Zamanı Boyunca 28 Farklı Aroma Karakteri Arasındaki Korelasyon Grafiği	34
Şekil 4.5. 2021-1 Hasatı Aroma Bileşiklerin Toplamının Gruplara Göre Dağılımının Temel Bileşen Analiz Grafiği	35
Şekil 4.6. 2021-2 Hasatı Aroma Bileşiklerin Toplamının Gruplara Göre Dağılımının Temel Bileşen Grafiği.....	36
Şekil 4.7. 2022-1 Hasatı Aroma Bileşiklerin Toplamının Gruplara Göre Dağılımının Temel Bileşen Grafiği	36
Şekil 4.8 2022-2 Hasatı Aroma Bileşiklerin Toplamının Gruplara Göre Dağılımının Temel Bileşen Grafiği	37
Şekil 4.9. Fortuna (Ana) Haritasındaki Markör ve LG Rekombinasyon Grafiği.....	38
Şekil 4.10 Rubygem (Baba) Haritasındaki Markör ve LG Rekombinasyon Grafiği	38
Şekil 4.11. 1-Hexanol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	40
Şekil 4.12. 1-Hexanol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	40
Şekil 4.13. 1-Hexanol 2-Ethyl Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	41
Şekil 4.14. 1-Hexanol 2-Ethyl Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	41
Şekil 4.15. 1-Octanol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	42
Şekil 4.16. 1-Octanol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	42
Şekil 4.17. 2-Hexan 1-ol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	43
Şekil 4.18. 2-Hexen 1-ol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	44
Şekil 4.19. 1-2 Benzene Dicarboxylic Acid Diethyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	44
Şekil 4.20 1-Butanol 2-Methyl Acetate Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	45

Şekil 4.21. 1- Butanol 3-Methyl Acetate Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	46
Şekil 4.22. 1-Butanol 3-Methyl Acetate Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	46
Şekil 4.23. 2-Hexen 1-ol Acetate Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	47
Şekil 4.24. 2-Hexen 1-ol Acetate Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	47
Şekil 4.25. Acetic Acid Butl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	48
Şekil 4. 26. Acetic Acid Butyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	49
Şekil 4.27. Acetic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	49
Şekil 4. 28. Acetic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	50
Şekil 4.29. Acetic Acid Hexyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	51
Şekil 4.30. Acetic Acid Hexyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	51
Şekil 4.31. Acetic Acid Methyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	52
Şekil 4.32. Acetic Acid Metyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	52
Şekil 4.33. Acetic Acid Phenyl Methyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	53
Şekil 4.34. Acetic Acid Phenyl Methyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	54
Şekil 4. 35. Butanoic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	54
Şekil 4.36. Butanoic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	55
Şekil 4.37. Butanoic Acid Methyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	55
Şekil 4.38. Hexanoic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	56
Şekil 4.39. Hexanoic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	56
Şekil 4.40. Hexanoic Acid Methyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	57
Şekil 4.41. Hexanoic Acid Methyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	57
Şekil 4.42. Alpha Terpeneol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki.....	58
Şekil 4. 43. Alpha Terpeneol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	58
Şekil 4. 44. Hexadecane Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	59
Şekil 4. 45. Hexadecane Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	60
Şekil 4. 46. Linalool Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	61
Şekil 4. 47. Linalool Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	61
Şekil 4. 48. Nerolidol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	62
Şekil 4.49. Nerolidol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	62
Şekil 4.50. Hexanal Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	63
Şekil 4.51. Hexanal Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	64
Şekil 4.52. Acetic Acid Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	65
Şekil 4.53. Acetic Acid Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	65
Şekil 4.54. Butanoic Acid 2-Methyl Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	65
Şekil 4.55. Hexanoic Acid Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	66
Şekil 4.56. Hexanoic Acid Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	67
Şekil 4.57. Octanoic Acid Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	67

Şekil 4.58. Octanoic Acid Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği.....	68
Şekil 4.59. Propanoic Acid 2-Methyl Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği	68
Şekil 4.60. Gamma Decalactone Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği.....	69
Şekil 4.61. Gamma Decalactone Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği	70



SİMGELER VE KISALTMALAR

AFLP:	Amplified fragment length polymorphism
CM:	Santimorgan
DNA:	Deoksiribonükleik asit
DVB/CAR:	Divinyl benzen Carboxen
FAO:	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GC-MS:	Gaz Kromatografi Kütle Spektrometresi
KVC:	Key Volatile Compounds/Temel Uçucu Bileşikler
L-AA:	L-askorbik asit
LG:	Linkage Group /Bağlantı Grupları
MAS:	Markör destekli seleksiyon
NGS:	Yeni Nesil Dizileme
PV:	Fenotipik Varyans
SNP:	Tek Nükleotid Polimorfizmi
SPME:	Katı faz mikro ekstraksiyonu
TÜİK:	Türkiye İstatistik Kurumu
QTL:	Kantitatif Özellik Lokusları
VOC:	Organik Uçucu Bileşikler

1. GİRİŞ

Çilek (*Fragaria x ananassa*), yaklaşık 100 cinse ait 3000'den fazla türden oluşan morfolojik olarak çeşitli çiçekli bitkileri içeren Rosaceae familyasına ait bir bitkidir (Cabrera ve ark., 2009; Jung ve ark., 2012). Ekonomik açıdan en önemli meyvelerden biri olan çilek, Arktik'ten tropiklere kadar dünyanın tüm ekilebilir bölgelerinde yetiştirilmektedir. Ticari olarak yetiştiriciliği yapılan çilek çeşitleri (*F. x ananassa*), sekiz kromozom setini ($2n = 8x = 56$) barındıran ve kültür bitkileri arasında en karmaşık olanlardan biridir (Edger ve ark., 2019).

Çilek meyveleri, eşsiz lezzetleri ve besleyici nitelikleri nedeniyle oldukça değerli bir meyve türüdür (Folta ve ark., 2006). Çilek, üzüm sü meyveler arasında yetiştiriciliğinin çok eskiye dayandığı kendine özgü, tadı aroması ve geniş adaptasyon yeteneği nedeniyle yetiştiriciliği en çok yapılan meyve türü haline gelmiştir. Çilek yetiştiriciliğindeki bu artışın önemli nedenleri meyvelerinin insan sağlığı ve beslenme açısından içerdiği besin içeriğidir. Yapılan araştırmalara göre, protein, karbonhidrat, lif, magnezyum, fosfor ve potasyum içerdiği bildirilmiştir (Hemphill ve Martin, 1992, Maas ve ark. 1996; Türemiş ve Ağaoğlu, 2013). Değişik iklim ve toprak koşullarında yetiştirilebilmesi, diğer ürünlerin sınırlı yetiştirildiği alanlarda yetiştirilme olanaklarının olması nedeniyle ülkemiz çilek üretiminde giderek artan önemli bir potansiyele sahiptir (Bayram ve ark., 2013).

Çizelge 1.1. 2022 yılı dünya üretim alanları (ha), üretim miktarları (ton) (FAOSTAT, 2024)

Ülke	Üretim (ton)	Alan (ha)
Çin	3,354,803,57	126.777
Amerika	1,261,890,00	21.287
Türkiye	728,112,00	22.272
Mısır	637,842,16	15.836
Meksika	568,271,93	12.761
İspanya	325,880,00	7.270
Rusya	254,800,00	38.529
Polonya	199,400,00	31.300
Kore	192,889,29	6.187
Brezilya	183,922,50	4.786
Japonya	164,431,19	4.931
Almanya	133,140,00	11.900
Fas	132,296,55	2.736
Birleşik Krallık	119,143,36	4.681
Kolombiya	113,949,40	2.912
İtalya	100,680,00	3.800
Yunanistan	99,640,00	2.310
Hollanda	87,080,00	1.440
Belarus	81,983,50	9.681
Fransa	78,490,00	4.020
Dünya	956,986,49	397.603

Dünya çilek üretiminde 2022 yılı'nda 956.986.490 ton üretim miktarına ulaşmıştır. Çin çilek üretiminde 335.480.357 ton ile ilk sırada yer alırken Türkiye 728.112 tonluk üretimle üçüncü sırada yer almaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.2. Yıllara göre Türkiye'nin üretim alanları (da) ve üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2024).

Yıllar	Üretim alanı (da)	Üretim miktarı (ton)
2012	127,928	351.834
2013	135,494	372.498
2014	134,234	376.070
2015	141,154	375.800
2016	154,308	415.150
2017	153,918	400.167
2018	161,021	440.968
2019	160,899	486.705
2020	179,77	546.525
2021	186,761	669.195
2022	222,715	728.112

Türkiye 2022 yılı çilek üretim verilerine göre 2012 yılında 351.834 ton 2022 yılında ise üretim 728.112 tona yükselmiş ve son on yılda %48,3 oranında artış göstermiştir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.3. Türkiye'deki çilek üretimi 2022 (TÜİK, 2024)

Şehir	Üretim Miktarı (ton)	Üretim Alanı (da)
Mersin	240,071	52.329
Aydın	95,266	24.404
Çanakkale	62,544	16.460
Konya	60,933	22.903
Bursa	48,093	28.121
Antalya	44,049	12.172
Manisa	32,386	9.691
Balıkesir	23,555	6.574
Hatay	16,333	7.406
Elazığ	10,219	4.201
Türkiye	728,112	222.715

Türkiye çilek üretimine il bazında baktığımızda 240.071 ton üretim ile Mersin ili ilk sırada yer almaktadır. Mersin ili ülke üretiminin yaklaşık %32,9'luk üretimini karşılamaktadır (Çizelge 1.3).

Çilek, ekonomik ve ticari açıdan önemli olup, taze veya işlenmiş olarak yaygın olarak tüketilmektedir. Meyve kalitesi, çilek çeşitlerinin tüketiciler tarafından kabul edilmesi için esastır. Meyve kalitesi, duyu özellikleri görünüm, doku, tat, aroma, besin değerleri, kimyasal bileşikler, mekanik özellikleri ve fonksiyonel özellikleri kapsamaktadır (Abbott, 1999). Çilek, B vitaminleri, C vitamini, E vitamini, potasyum, folik asit, karotenoidler ve kateşin gibi spesifik flavonoidlerin kaynağıdır. Çilek meyveleri ayrıca önemli miktarda ellajik asit, tanenler ve fitosteroller içerir (Aaby ve ark., 2007; Basu ve ark., 2010).

Meyve kalitesi, hem hasat öncesi hem de hasattan sonraki uygulamalardan etkilenmektedir. Meyveler gelişip, büyüdükçe ve olgunlaştıkça renk, tat ve dokudaki değişikliklere bağlı olarak meyve kalitesi değişebilir (Ogundiwin ve ark., 2009).

Lezzet, tatlılık, tuzluluk, asitlik veya acılık gibi birkaç unsurun birleşmesiyle oluşmaktadır. Tüm bitkiler uçucu organik bileşikler (VOC'ler) yayabilir ve bu moleküllerin içeriği ve bileşimi hem genotipik hem de fenotipik varyasyon gösterir (Maffei, 2010). Çoğu meyve, olgunlaşmasının göstergeleri olarak önemli sayıda uçucu bileşik üretir. Bu uçucu bileşiklerin birçoğu, analitik cihazların eşik değerlerinin altında ppm veya ppb düzeyinde eser miktarlarda üretilir, ancak insan koku alma duyusu ile tespit edilebilir (Goff, ve ark., 2006).

Uçucu organik bileşikler, bozulmamış meyve dokusunda bulunup bulunmadığını veya doku bozulmasının bir sonucu olarak üretilip üretilmediğini gösteren birincil veya ikincil bileşikler olarak sınıflandırılabilir (El Hadi, 2013). Bozulmamış veya bozulmuş meyve dokularından uçucu maddelerin analizinin aroma profillerini ve nihai aroma yorumunu etkileyeceği belirtilmelidir. Meyvelerin uçucu profilleri karmaşıktır ve çeşide, olgunluğa, hasat öncesi ve sonrası çevre koşullarına, meyve örneğine ve kullanılan analitik yöntemlere göre değişiklik gösterebilir (Berger, ve ark., 1986; Wyllie, 2008).

Uçucular, farklı sınıfta kimyasal bileşiklerin bir araya gelmesi sonucu oluşarak bir araya gelen birincil veya ikincil bileşiklerden üretilmişlerdir (El Hadi, 2013). Meyvelerin uçucu profilleri karmaşıktır ve çeşide, olgunluğa, hasat öncesi ve sonrası çevre koşullarına, meyve örneğine ve kullanılan analitik yöntemlere göre değişiklik gösterebilir (Berger, ve ark., 1986; Wyllie, 2008).

Çeşit, kültürel uygulamalar, olgunluk, derim olgunluğu ve derim sonrası işleme gibi birçok faktör, meyvelerdeki uçucu bileşiklerin bolluğunu etkileyebilir. Bu faktörlerden olgunluk, meyvelerdeki uçucu bileşiklerin varlığını etkileyen kritik faktörlerdendir (Lester, 2006).

Uçucu bileşiklerin karmaşık yapısı nedeniyle, taze meyvede uçucu bileşik kompozisyonu sürekli olarak değişmektedir. Meyvenin genetik yapısı, olgunluğu, üretim sırasındaki çevresel koşullar, hasat sonrası işleme ve depolama gibi birçok faktör uçucu bileşimi etkiler. Bugüne kadar, meyvenin gerçek uçucu bileşimini ve sonuçta ortaya çıkan lezzetini belirlemek için bu faktörlerin nasıl etkileşime girdiğine dair sınırlı bir bilgi mevcuttur (El Hadi, 2013). Ancak son yıllarda tüketicinin daha lezzetli meyvelere olan talebin artmasıyla çileğe olan talep önemli ölçüde artmıştır. Çilek tadı, meyve dokusu, şeker içeriği, asitlik ve uçucu aroma bileşiklerinin etkileşimi

ile oluşmuştur. Bu özelliklerden meyve şekerleri ve uçucu bileşikler, genel beğeniyle en yakından ilişkili faktörlerdir (Schwieterman ve ark., 2014).

Aroma, çileğin en önemli bileşenlerinden biridir. Bununla birlikte, son araştırmalar, biyoaktif bileşiklerin içeriğinin büyük ölçüde çilek çeşidine bağlı olduğunu ve derim dönemine göre de değişim gösterebileceği belirtilmiştir (Kafkas, 2004; Hannum, 2004). Aromayı oluşturan uçucu aroma bileşikleri, ürünlerin tüketiciler tarafından algılanması ve kabul edilebilirliğini belirlemede kilit bir role sahiptir ve en çok beğenilen meyve özelliklerinden biridir. Doğal meyvenin benzersiz karakterini taşıyan temel uçucu tat metabolitlerinin tanımlanması, temel duyu kimliği ve özelliği sağladığı için oldukça önemlidir (Cheong ve ark., 2010).

Meyve uçucu bileşikleri ve tadı, özel bir çeşitlilik ve farklı metabolitlerin karışımının sonucudur. Şekerler ve asitler tatlılığa ve ekşiliğe katkıda bulunurken, aroma uçucu moleküllerin kombinasyonlarından elde edilir. Uçucu bileşenlerin farklı oranları ve eser bileşenlerin varlığı veya yokluğu genellikle aroma özelliklerini belirler. Yetiştirilmiş çileklerin tadı esas olarak esterler, aldehitler, alkoller ve kükürt bileşiklerinin karmaşık bir karışımı tarafından belirlenir. Çilek, tipik aroması nedeniyle aroma analizinde her zaman tercih edilmektedir. Ayrıca çilek aromasının kimyasal temelini derinlemesine incelenmesi önem kazanmış ve endüstriyel amaçlı sentetik olarak üretimlerine olanak sağlamıştır (Zabetakis, 1997).

Çilek, yaklaşık 350 uçucu maddeden oluşan en karmaşık meyve aromalarından birine sahiptir (Schwab, 2008; Bood ve ark., 2002). Çilek aroması duyu deneyimi şekillendiren eser miktarda uçucu organik bileşikler (VOC) ile şekerler ve asitler dahil olmak üzere, çeşitli metabolitler tarafından belirlenir (Bood ve Zabetakis, 2002). Genel olarak esterler, alkoller, terpenoidler, furanlar ve laktonlar olarak temsil edilen VOC'ler, meyve ikincil metabolizmasının önemli bir bölümünü oluşturur ve aroma, tat, hastalık direnci, hasare direnci ve genel meyve kalitesine katkıda bulunur (Ulrich ve ark., 1997; Arroyo ve ark., 2007). Bazı araştırmalar, insan tercihlerinin çilek aromasının içerdiği lezzet bileşiklerinin belirlenmesine yardımcı olmuştur (Larsen ve Poll, 1992; Schieberle ve Hofmann, 1997; Ulrich ve ark., 1997; Schwieterman ve ark., 2014). Bu çalışmalar incelendiğinde yüzlerce çilek uçucularından sadece birkaç tanesinin insanlar tarafından tercih edildiği belirtilmiştir. (Schwieterman ve ark., 2014). Meyve aroması bileşiklerindeki polifenoller, çok sayıda fenolik hidroksil grubu içeren karmaşık ikincil metabolitlerdir. Meyve ve sebze matrikslerinde serbest ve bağlı formlarda bulunurlar. Serbest fenolik bileşikler, meyve aromasını artıran özel aromatik tatlar verir. Pek çok fenolik bileşik farmakolojik aktivite sergiler ve kanser tedavisinde yaygın olarak kullanılır. Hücre içi reaktif oksijen türlerinin baskılanması, hücre döngüsünün durdurulması indüksiyonu ve ilaç direnci düzenlemesi gibi çeşitli mekanizmalar yoluyla kanser hücresi apoptozunu teşvik ederler (Maleki ve ark., 2022). Ayrıca fenolik bileşikler güçlü antioksidan, antibakteriyel ve antiinflamatuvar aktivitelere sahiptir (Were ve ark., 2022).

Çeşitli alkoller, meyvelerdeki başlıca aromatik bileşiklerdir. Alifatik alkoller, karbon atomu sayılarındaki farklılıkların bir sonucu olarak farklı çiçek ve meyve aromalarının oluşumunda rol oynarlar. Ayrıca meyvelerdeki alkoller, antibakteriyel ve antiinflamatuvar özellikler dahil olmak üzere farmakolojik etkiler gösterirler (Sabatini ve ark., 2020).

Dünya’da çilek yetiştiriciliğinin artmasıyla beraber, yeni çeşitlerin geliştirilmesi için ıslah çalışmaları da aynı oranda artış göstermiştir. Çilek ıslahında amaç öncelikli olarak, verim, irilik, aroma, sert meyve eti, yola, hastalık ve zararlılara dayanım, farklı toprak koşullarına uyumluluk olarak bildirilmiştir. Son zamanlarda yürütülen ıslah çalışmalarında sağlığa olan katkılarına da yer verildiği bildirilmektedir (Kafkas, 2004; Öztürk Erdem ve Çekiç, 2017).

Dünya çilek yetiştiriciliğinin son 50 yılda hızlı artışı, yetiştiriciliğinin çok eskiye dayanması ve adaptasyon yeteneğinin yüksek olması sebebi ile tarım yapılabilen her alanda çilek yetiştiriciliğinin yapılabildiği sonucuna varılmıştır. Çilek yetiştiriciliğinin önemli avantajlarından biri yapılan yatırımların ilk yıldan itibaren karlı bir geri dönüş yapmasıdır. Çilek üretiminde birim alandan elde edilen kazancın birçok ürüne göre oldukça fazla olması ve diğer meyvelerin pazarda bulunmadığı dönemde çileğin piyasaya çıkması da bir diğer avantajıdır (Erdem ve Çekiç, 2017). Tüketici tercihi ise; meyvenin tatlılığı ve asiditesi arasındaki dengenin yanı sıra belirli uçucu bileşiklerin algılanmasında yatmaktadır. Islah programları geleneksel olarak agronomik özelliklere odaklanmış olsa da, meyve kalite özelliklerinin iyileştirilmesi giderek daha önemli hale gelmektedir (Rey-Serra, 2021).

Çilek yetiştiriciliğinde temel amaç erkenci çeşit yetiştirerek iç ve dış pazarda söz sahibi olmaktır. Yerli çilek çeşitlerimizde lezzet özelliklerinin yanı sıra verim düşüklüğü, meyve eti yumuşaklığı, meyve iriliklerinin küçük olması bir dezavantaj oluşturmaktadır. Yabancı orijinli çilek çeşitleri ise erkenci ve çok verimli olmalarına rağmen lezzet yönünden orta düzeydedir. Bu yüzden ülkemizde eski yıllardan bu yana yerli çeşitlerin ebeveyn olarak kullanıldığı ıslah çalışmaları yürütülmektedir (Erdem ve Çekiç, 2017).

Meyve aromasının iyileştirilmesine yönelik ilgiye rağmen, bu karmaşık özelliklerle bağlantılı belirteçlerin geliştirilmesi, bu bileşiklerin biyosentezinde yer alan farklı birincil ve ikincil biyokimyasal yolların karmaşıklığı nedeniyle zordur Olbricht ve ark. 2011; Schwieterman ve ark., 2014).

Önemli bitki uçucularından olan terpenoidler, asetil-coA ve piruvattan preniltransferazlar ve terpen sentazlarla sentezlenir. Bununla birlikte, dallı zincirli ve aromatik amino asitlerin bozunma ürünleri ve karbonhidrat türevi bileşikler gibi başka uçucu bileşik kaynakları da vardır. Çilekte 130'dan fazla farklı bileşiklerin çoğunluğunu çilek uçucularını tanımlayan karakteristik uçucu ester bileşikleri oluşturur (Jetli ve ark., 2007). Bunlar arasında, etil bütanoat, metil bütanoat, etil heksanoat, metil heksanoat, heksil asetat ve (E)-2-heksenil asetatın çilek meyvesi için yeşil ve tatlı meyvemsi hissi veren temel aroma bileşikleri olduğu rapor edilmiştir (Menager ve ark., 2004; Pérez ve ark., 2002; Schieberle ve Hofmann 1997).

Ekonomik açıdan önemli özellikler için yeni genler ve ilişkili belirteçler tanımlandıkça bu kullanımın artması beklenmektedir. Gerçek gen dizilerinin bilgisi ve belirli aleller için PCR primerlerinin tasarımı, MAS'ı (Markör destekli ıslah) genetik arka planda daha güçlü ve bilgilendirici hale getirecektir. Marker analizine yönelik yöntemlerin geliştirilmesi ve ekonomik özellikler için aday genlerin tanımlanması ile MAS'ın daha yaygın kullanılması da beklenmektedir. Moleküler markörler, bitki genetik araştırmalarında ve bitki ıslahında yaygın olarak kullanılmaktadır. MAS, fenotipik taramanın özellikle pahalı veya zor olduğu durumlarda, çoklu genler, resesif genler, ilgilenilen özelliğin geç ekspresyonu dahil olmak üzere önemli avantajlar sunabilmelidir. MAS, üreme maliyetini düşürmenin yanı sıra zamandan tasarruf sağlama potansiyeline de sahiptir. Moleküler markör teknolojilerinin sürekli olarak iyileştirilmesi, MAS'ı önümüzdeki yıllarda daha ucuz ve daha etkili hale getirecektir (Dreher ve ark., 2002).

Moleküler belirteçler, populasyon içindeki ve populasyonlar arasındaki genetik çeşitliliği değerlendirmek için güçlü araçlardır. Bitki populasyonları önceden, çeşitliliğin genom çapında değerlendirilmesi için AFLP'ler, SSR'ler veya izozimler gibi işaretleyici sistemlere dayanıyordu (Vigouroux ve ark., 2005). SNP'ler, belirli genler veya genomik bölgeler içindeki çeşitliliği değerlendirmek, türler arasındaki ilişkileri tahmin etmek ve filogenetik çıkarım yapmak için, son zamanlarda da fazla uygulanmaya başlanmıştır (Osman ve ark., 2003).

Markör destekli ıslah (MAS) çalışmalarında, önce bağlantı haritalarının geliştirilmesine yönelik bağlantı haritaları, haritalama populasyonlarının ebeveyn soylarının genomları arasında var olan DNA polimorfizmlerinin, bağlantı gruplarında birbirine göre bir sıraya yerleştirilmesi biyoinformatikten yararlanılarak geliştirilebilir. Bu polimorfizmler daha sonra ebeveyn bireylerde skorlanabilir, yani ebeveyn genomlarının her bireyin genetik rekombinasyonu tarafından oluşturulan kalıtım modeli bilinir. Kalite özelliklerinin fenotipik karakterizasyonu ve aday genlerin tanımlanmasına yönelik ilk adım olarak bireylerdeki genetik polimorfizmlerle ilişkilendirilir. İlgili özelliklerle ilişkili genomun bu bölgelerinin tanımlanmasına kantitatif özellik lokusları (QTL) denir ve ilgili özelliklere bağlı DNA belirteçlerinin geliştirilmesi, bitki ıslahçıların markör destekli seçimi ve böylece ıslahta süreyi kısaltacaktır (Zorrilla-Fontanesi ve ark., 2012; Van Dijk ve ark., 2014).

Moleküler markörler, bitki genetik araştırmalarında ve bitki ıslahında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek Nükleotid Polimorfizmleri (SNP'ler), hemen hemen tüm melez birey populasyonlarındaki yüksek sayıları nedeniyle şu anda en çok tercih edilen markörlerdendir (Frazer, 2007). SNP'ler, adli tıp ve teşhis, su ürünleri yetiştiriciliği, süt sığırlarının yetiştirilmesi, bitki ıslahı, balıkçılıkta kaynak yönetimi gibi çok çeşitli alanlarda uygulanmıştır (Liu, 2004; Seddon, 2005; Smith ve ark., 2005).

Bağlantı haritalaması, harita tabanlı klonlama ve QTL'i içeren genetik haritalama çalışmaları, geniş genetik belirteç kümelerinden veri gerektirir. SNP'ler genler veya ilgilenilen bölgeler için haplotipleme sistemleri geliştirmek için kullanılabilir SNP'ler tarafından sağlanan

bilgiler, birden fazla SNP'nin ilgilenilen bölgedeki haplotipleri tanımladığı durumlarda faydalıdır. Alternatif olarak, aday genlerin haritalanması veya daha önce QTL haritalaması yoluyla tanımlanmış olabilecek spesifik genomik bölgelerin hassas haritalanması için hedefe yönelik bir yaklaşım üstlenilebilir. (Rafalski, 2002).

SNP'ler fenotip ile ilişkilendirilebilen oldukça stabil belirteçlerdir ve MAS için güçlü bir araç görevi görür. SNP işaretleyicilerinin bir hedef özellik ile ilişkili olduğu tespit edildiğinde, bunlar bitki yetiştiricileri tarafından MAS için bireysel tanımlama amacıyla uygulanabilir. MAS için ve söz konusu genin konumsal klonlaması için yardımcı olurlar (Gupta ve ark., 2001).

SNP keşfi ile birlikte Yeni Nesil Dizilemenin (NGS) en yaygın uygulama alanları, bağlantı haritası yapımında, genetik çeşitlilik analizlerinde, ilişkilendirme haritalamasında ve markör destekli seleksiyonda kullanılmaktadır (Cortés ve ark., 2011). LOD Skor analizi bağlantı analizi için uygulanır. LOD skor; aranan genin, test edilen kromozom lokusunda olması olasılığının, ilgili lokusta bulunmaması olasılığına oranının logaritmik olarak ifade biçimidir. Analiz sonucunda LOD değerinin 3 ve üstü olduğu değerler bağlantıyı desteklemesi açısından anlamlı kabul edilir (Boyacıoğlu., 2012).

Genel olarak bu çalışmalar, metabolit seviyelerindeki doğal değişimi kontrol eden polimorfizmleri tanımlamak için tek nükleotid polimorfizmine (SNP'ler) dayalı analizlerin yapılmasına dayanmaktadır. Genetik varyantlar genom çapında tek nükleotid polimorfizm dizileri ve tüm genom dizilimi dahil olmak üzere çeşitli teknolojiler kullanılarak genotiplenebilir. Şu anda SNP dizileri, örnekleme boyutu dikkate alındığında tam genom dizilimine kıyasla daha düşük maliyetleri nedeniyle en yaygın kullanılan dizilerdir (Vallarino ve ark., 2023).

Bu tezin amacı, Fortuna X Rubygem melez F1 popülasyonunda çilek meyvelerinde aroma bileşiklerinin belirlenmesi ve bu fenotipik veriler ile bağlantılı QTL analizleri yapılarak, QTL bölgelerinin tespit edilmesidir. Bu çalışma ile çilek meyvelerinde önemli bir kalite unsuru olan aromaya ilişkin genetik bilginin arttırılması ve işaretleyici destekli seçimde (MAS) uygulanabilecek markörlerin belirlenmesidir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Çilekte Aroma Bileşikler ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Çilekler, şekerler, asitler ve uçucu organik bileşiklerin (VOC'ler) birleşiminden kaynaklanan lezzetleri nedeniyle oldukça beğenilmektedir. Bununla birlikte, son iki yüzyıldaki ıslah çalışmaları, meyve büyüklüğü, şekli, verim, zararlılara karşı dayanıklılık, meyve eti sertliği ve derim sonrası yaşam gibi endüstrinin talep ettiği hedeflerde çok yoğun olmuştur (Folta ve Klee 2016; Ulrich ve Olbricht, 2016).

Meyvelerin duyuşal özelliklerini belirleyen önemli bir kalite ölçütü olan aroma çok çeşitli kimyasal bileşiklerin biraraya gelmesiyle oluşmaktadır. Aroma bileşiklerinin en önemli özellikleri az miktarlarda bile olsa duyuşal olarak algılanmaları ve kalite üzerinde belirleyici rol oynamalarıdır. Meyvelerdeki aroma maddelerinin sentezi üzerine çeşitlerin, anaçların, meyvelerin yetiştirildiği ekolojinin, yüksekliğin, vejetasyon dönemindeki sıcaklık toplamının, meyvenin olgunluk safhasının, yetiştirme ve depolama koşullarının önemli etkileri olduğu bildirilmiştir (Drawert ve Berger, 1981).

Douillard ve Guichard (1989), furanon ve mesifuran bileşiklerinin çilek meyvelerinde belirlenen önemli aroma bileşikler olduğu ve bu iki bileşiğin tüm yabani çilek çeşitlerinde bulunduğunu, ancak ticari çilek çeşitlerinin tamamında bulunmadığını rapor etmişlerdir. Bu iki bileşik tatlı, hoş ve keskin bir kokuya sahiptir. Furaneol'un yüksek konsantrasyonunda bulunması durumunda çileklere karamel, yanık şeker, düşük konsantrasyonda bulunması durumunda ise meyve kokusu verdiği bildirilmiştir (Re ve ark., 1973).

Çilek meyvelerinde kaliteyi ve verimi arttırmak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Aroma maddelerinin oluşumu ve buna etki eden faktörler üzerine yapılan çalışmalarda, çileklerde 100'den fazla uçucu aroma maddesi saptanmıştır (Van Straen, 1980). Çilekte aromayı oluşturan maddelerin yoğunluğu ve miktarı çeşitlere göre farklılık göstermesine rağmen, genel olarak terpenler, aldehytler, esterler, alkoller, asitler, karbonil ve kükürtlü bileşiklerin çilekte aromayı oluşturan en önemli maddeler olduğu belirlenmiştir. Çilek aroması çok sayıda uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Uçucu olmayan bileşikler şekerler, asitler, fenolik bileşikler olup, meyvenin tadından sorumludur. Önceki yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda çilek meyvelerinin aromasından sorumlu temel bileşiklerin furaneol, etil hekzonat, etil bütanoat, metil bütanol ve cis-3- hekzanal olduğunu bildirilmiştir. Ayrıca çilek genotipleri arasında aroma içerikleri bakımından büyük farklılıklar olduğu vurgulanmaktadır (Larsen ve Poll, 1992; Perez ve ark., 1992).

Schieberle ve Hofmann (1997) gaz kromatografisi-olfaktometri tekniği ile çilekte aroma aktif bileşiklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar taze çilek suyunda (Z)-3-hekzenal, 4-hidroksi-2,5-dimetil-(2H)- furanon, metil bütanoat, etil bütanoat, metil-2-propanoat ve 2,3-bütanedion'un

kokunun oluşumunda anahtar bileşikler olduğunu bildirmişlerdir. Günümüzde, aroma bileşiklerinin objektif, basit ve tekrarlanabilen sonuçlar veren yöntemlerle yapılması büyük önem taşımaktadır.

Perez ve ark. (1997) çileklerde aroma maddelerinin linoleik ve linolenik yağ asitlerinin oksidatif parçalanması sonucu oluştuğunu ve lipoksigenaz ve hidroperoksit liyaz enzimlerinin yağ asitlerinin parçalanmasında önemli rol oynadığını bildirmişlerdir. Geliştirilen farklı ekstraksiyon yöntemleri ile, zaman almayan, çözücü kullanımı gerektirmeyen, ucuz ve duyarlılığı yüksek olan katı faz mikro ekstraksiyon (SPME), Gaz Kromatografisi (GC) ve Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi (GC/MS) tekniklerinin özellikle kompleks aromaya sahip meyvelerde (çilek, muz, mango, ahududu ve böğürtlen gibi) aroma bileşiklerinin belirlenmesinde başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Ibanez ve ark., 1998).

Lambert ve ark. (1999), yüksek basınç uygulaması sonrasında çileğin aromatik uçucu bileşimindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) ile analiz edilen çilekler ısıtılmış çilek püresinin aromatik uçucu bileşikleri ile kıyaslanmıştır. İşlem görmemiş ve yüksek basınçla işleme tabi çilek püresi arasında tüm aromatik uçucu bileşiklerde önemli bir değişiklik gözlemledikleri rapor edilmiştir.

Ducruet ve ark. (2001) çilek şuruplarını cam şişe, PVC ve PET şişelerle paketleyip aroma maddelerindeki değişimi incelemişlerdir. Esterler, aldehytler ve alkoller katı faz mikroekstraksiyon (SPME) ve çözücü ekstraktlarla elde edilmiştir. 90 gün sonunda PVC ve PET şişelerle paketlenenlerde metil sinamat, metil antranilat ve metil dihidro jasmonat bileşiklerinde etkili bir azalma gözlemlenmiştir. Bu azalmanın polimer matrisler ile bu bileşiklerin karşılıklı etkileşimleri sonucu ortaya çıktığı şeklinde açıklanabilir. Aynı araştırmacılar uzun depolama sürecinde çilek şuruplarının cam şişelerde muhafaza edilmesi sonrasında aroma bileşiklerini korunduğunu bildirmişlerdir.

Urruty ve ark. (2002) Fransa’da yetiştirilen 17 farklı çilek çeşidinin aroma maddeleri bileşimini katı faz mikroekstraksiyon tekniği (SPME) ile araştırmışlardır. Araştırmacılar DVB/karboksen fiberi ile kaplı SPME’nin çileklerde aroma maddelerinin ekstraksiyonunda etkili olduğunu ve kısa süre içerisinde çileklerin aromatik yönden karakterize edebileceğini saptamışlardır.

Esterler çileklerde tanımlanan bileşikler içerisinde en büyük kısmı oluşturmaktadır. Bu bileşikler alkol asil transferaz enziminin etkinliğinde karboksilik asitlerden ve alkollerden esterifikasyon yoluyla oluşturmaktadırlar. Bu bileşiklerin oluşumundaki temel substrat aminoasitlerdir. Çileklerin içerdiği substrat miktarı esterlerin biyosentezi için sınır düzeydedir. *In vitro* çalışmalarda kültür ortamına ilave edilen substratın ester biyosentezini arttırdığı gözlemlenmiştir (Perez ve ark., 2002).

Kafkas ve ark. (2004) Osmanlı çileğinin taze ve dondurulmuş meyvelerinde bulunan aroma maddelerini HS ve Im-SPME tekniği ile belirlemişlerdir. Taze ve dondurulmuş olarak analizi yapılan meyvelerde aroma kompozisyonu bakımından önemli farklılıklar saptamamışlardır.

Ancak ester bileşikleri konsantrasyonlarının taze çilek meyvelerinde daha yüksek düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda esterlerin çilek aromasında en etkili grup olduğu bildirilmiştir. Esterler içerisinde etil-2-metil bütanoat, metil bütanoat, etil bütanoat, metil hekzanoat, etil hekzanoat, hekzil asetat ve (*E*)-2-hekzenil asetat'ın önemli aroma aktif esterler olduğu ve çileklere yeşilimsi, tatlı ve meyvemsi kokular kazandırdıkları bildirilmiştir. Öte yandan çok düşük algılanma eşik değerlerine sahip olan furaneol (2,5-dimetil-4-OH-3(2H)-furanon) ve mesifuran (2,5-dimetil-4- metoksi-3(2H)-furanon)'ında çilek aromasının karakteristik kokusundan sorumlu iki temel furanon olduğu vurgulanmıştır (Menager ve ark., 2004).

Uçucu esterler birçok meyvede aroma maddelerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Olgun çilek meyvelerinde 100'ün üzerinde ester bileşiği belirlenmiştir. Çileklerde aminoasitlerde alanin olgunlaşma sırasında etil esterlerin oluşumunda öncül rol oynamaktadır (Beekwilder ve ark., 2004).

Kafkas ve ark. (2005) İsrail'de ticari olarak yetiştiriciliği yapılan 3 çilek çeşidinde (Tamar, Yael, Malach) uçucu aroma kompozisyonlarını incelemişlerdir. Aroma bileşikleri tepe boşluğu katı faz mikro ekstraksiyon (HS-SPME) ve sıvı sıvı ekstraksiyon tekniği olmak üzere 2 farklı ekstraksiyon tekniğiyle ekstrakte etmişler ve GC-MS ile belirlemişlerdir. Malach çeşidinin diğer çeşitlere göre ester ve furanon içerikleri bakımından daha zengin olduğunu bildirmişlerdir. Denemede farklı ekstraksiyon teknikleri kullanıldığından aroma profillerinde de farklılıklar olduğu dikkati çekmiştir. HS-SPME tekniğinin çok uçucu ve polar olmayan esterlerin tanımlanması için uygun olduğu, sıvı-sıvı ekstraksiyon tekniğinin ise daha çok polar ve uçuculuğu az olan furanon bileşiklerinin tanımlanması için uygun olduklarını saptamışlardır.

Li ve ark. (2009) ekstratları seyrelterek gaz kromatografisi-olfaktrometre (GC-O) yardımıyla çilek meyvesindeki aroma-aktif bileşiklerini belirlemişlerdir. Elde edilen aroma ekstraktları 1:3 oranında etanol ile seyreltilmiş ve koku şeritlerine damlatılan ekstraktların aroma özellikleri 4 panelist tarafından meyveli, tatlı, yeşil, ekşi, şeftaliye benzer ve üzüme benzer kokular şeklinde tanımlamışlardır. Seyreltilmiş ekstraktın tatlı, meyveli, ekşi ve özellikle şeftali benzeri kokularının seyreltme indeksi (DI) puanları P6'dan daha yüksek üzüm benzeri kokunun DI puanı ise P6'dan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Ozcan ve Barringer (2011), enzimlerin depolama sırasında, farklı olgunluk aşamalarında, farklı çeşitlerde ve yeme sırasında çilek uçucu maddeleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Öğütülmüş çileklerde (*Z*)-3-hekzanal ve (*E*)-2-hexenal konsantrasyonu harmanlamadan hemen sonra artmış ve zamanla giderek azalmış, hekzanal konsantrasyonu ise en az 5 dakika boyunca arttığı belirlenmiştir. Meyvemsi koku hissi veren ester bileşikleri artarken, aldehytlerin konsantrasyonunun olgunlaşma sırasında azaldığı ortaya konmuştur.

Dong ve ark. (2013), *Fragaria x ananassa* ve *F. vesca* arasındaki uçucu ester bileşimindeki farklılıkları incelemişler ve ester bileşimlerinde niteliksel ve niceliksel olarak

farklılık olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada asetat esterlerin miktarının *F. vesca*'da *F. X ananassa*'ya göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Negri ve ark. (2015), *F. moschata* ve *F. vesca* meyve aroma içeriklerinin karşılaştırmalı analizini yapmışlar ve *F. vesca*'nın aromatik bir çeşidi olan orman çileği ile karşılaştırıldığında, toplam ester, alkol ve furanon seviyesinde önemli bir artış ve keton içeriğinde bir azalma olduğu ortaya konmuştur. Küçük esterler arasında en çarpıcı farklılıklar, meyvelerde içeriği 120 ve 150 kat daha fazla olan 2-metilbütanoik asit ve metil 2-metilbütanoat bileşiklerinin olduğu tespit edilmiştir.

González-Domínguez ve ark. (2020) yaptıkları çalışma da gaz kromatografisi ile birleştirilmiş headspace katı faz mikro ekstraksiyonu kullanılarak topraksız bir sistemde yetiştirilen çilek meyve örneklerinin karakteristik uçucu bileşiklerini belirlemişler ve Festival, Candonga, Camarosa çeşitlerini bu özellik bakımından karşılaştırmışlardır. Camarosa çeşidinde en fazla bulunan kimyasal sınıfın esterler (%22), ardından terpenler (%19.1) ve asitler (%12.2) olduğu belirlemişlerdir. Öte yandan, Candonga ve Festival çeşitleri terpenlerde (sırasıyla %31.6 ve %34.8), ardından esterlerde (sırasıyla %24,7 ve %26,4) daha zengin olduğu belirlenmiştir. Spesifik olarak, metil butirat, heksil heksanoat, linalool, geraniol ve furaneeol en fazla bulunan uçucu bileşikler iken, analiz edilen örneklerin hiçbirinde metil antranilat tespit edilmemiştir. Festival çileklerinin potansiyel olarak Candonga'dan ve özellikle Camarosa çileklerinden daha aromatik bir profile sahip olduğu ve farklı uçucu bileşiklerin çoğu için daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğunu göstermişlerdir

Padilla-Jiménez ve ark. (2021) Albion, Festival ve Frontera çilek çeşitlerinin olgunlaşma sürecindeki organik uçucu bileşiklerini incelemiştir. Üç çeşitteki tüm olgunlaşma aşamaları arasında, %42.5 ester, %25 alkan, %20 terpen, %7.5 alkol, %2.5 aldehit ve %2.5 asitten oluşan çeşitli uçucu organik bileşikler (VOC'ler) belirlemişlerdir. Her çeşit için analiz edilen yedi olgunlaşma aşaması boyunca farklı VOC'lerin artış ve azalma gösterdikleri belirlenmiştir. Festival çeşidinde, FE1 ve FE2 aşamalarında en yüksek konsantrasyona sahip VOC tetradekan, en yüksek konsantrasyona sahip bileşik nonadekan ve FE3–FE6 aşamalarında en yüksek konsantrasyona sahip bileşik heksanoik asit metil ester olduğunu belirlemişlerdir. Bütanoik asit metil ester bileşiğinin çilek meyvelerinin olgunlaşması sırasında konsantrasyonunda artış gösterdiği ve bu aşamalarda en yüksek konsantrasyona sahip bileşik olduğu, durumda bu çeşitte olgunluk göstergesi olarak kullanılabilecek önemli bir bileşik olduğunu bildirmişlerdir. Bütanoik asit metil ester bileşiğinin dört çilek çeşidinin aromatik profillerine aktif olarak katılan birçok çilek çeşidinin meyve aromasından sorumlu ana bileşik olduğu bildirilmiştir.

Li ve ark. (2022) yaptığı çalışmada, kırmızı olgun çilek meyvelerinde *Botrytis cinerea*'ya duyarlılık ile uçucu ve uçucu olmayan metabolit seviyeleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir ve aynı araştırmada test edilen çilek genotiplerinden 'E2012-1494', 17 genotipin en yüksek bozulma oranıyla birlikte yüksek miktarda metil antranilat içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Aynı yıl içinde 17 genotip arasında, daha yüksek yoğunluktaki kırmızı renk, daha düşük bir bozulma

oranıyla ilişkilendirilirken, yüksek etil bütanoat ve 1-heksanol üretimi, daha yüksek bir bozulma oranıyla ilişkilendirilmiştir.

Zamorska (2022) yaptığı bir araştırmada Ducat, Polka ve Honey gibi çilek çeşitlerine ait aromatik uçucuların içeriğini kromatografik yöntemleri kullanılarak incelemiştir. Olgun çilek uçucularının bileşiminde esterler, aldehytler, ketonlar, furanon, organik asitler, aroma bileşikler, laktonlar, terpenik bileşikler ve alkanlar olmak üzere yaklaşık 49 bileşen tanımlamıştır. Aroma bileşiklerin yüzde değer olarak payları, esterler %12,8-41,8, aldehytler %5,9-15,9, ketonlar %8,7-35,6, furanone %22,7-24,4 ve organik asitler %2,47-21,85 olarak saptanmıştır. En yüksek esterlerin payı Polka çeşidinde (%41,77), ketonların payı Ducat çeşidinde (%35,88) ve Honey çileği için γ -decalaktone (%12,41) en yüksek paya sahip olduğu bildirilmiştir.

Öz ve ark. (2022) Rubygem çilek çeşidinde raf ömrü boyunca hasat öncesi ve sonrası hekzanal uygulamasına bağlı olarak uçucu bileşiklerin kompozisyonundaki değişimleri belirlemiştir. Hekzanal uygulama tipi ve konsantrasyonun raf ömrü boyunca esterler, ketonlar, terpenler, alkoller, asitler, aldehytler ve diğerlerinin uçucu bileşim yüzdesini etkilediğini saptamışlardır. Sonuç olarak hekzanal sprey uygulaması ester yüzdesi üzerinde önemli etkilere sahip iken, hekzanal buhar uygulaması raf ömrü sonunda, çileklerin alkol yüzdesini artırdığı bildirilmiştir.

Zheng ve ark. 2023'te yaptıkları araştırmada olgunlaşma sırasında üç *F. vesca* genotipinin meyvelerindeki uçucu profil değişikliklerini, katı faz mikro ekstraksiyon-gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (HS-SPME GC-MS) kullanarak incelemişler ve Hawaii 4 (HW), Reugen (RG) ve Yellow Wonder'ın (YW) 20-30 günlük meyvelerinde sırasıyla 152, 159 ve 175 uçucu bileşik tespit edilirken toplam 191 uçucu bileşik tespit etmişlerdir. Erken dönemde aldehytler ve alkoller baskınken, geç dönemde esterler baskın bulunmuş ve *F. vesca* çilek meyvelerinde olgun döneminde baskın bileşikler ketonlar olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Zhang ve ark. 2023'te meyve uçucu maddeleri ve uçucularla ilgili genlerin ifadesinin karşılaştırmalı karakterizasyonu incelenmiştir. 'Benihoppe' ve 'Xiaobai'nin dört gelişim döneminde 113 uçucu bileşik tanımlanmıştır. Aynı çalışmada 'Xiaobai'deki ester içeriğinin kırmızı meyve aşamasındaki 'Benihoppe'dakinden daha yüksek olduğunu belirlenirken 'Xiaobai'deki linalool ve nerolidol içerikleri kırmızı meyve aşamasındaki 'Benihoppe'dakilerden daha yüksek bulunmuştur. FcAAT1 geninin çilek aromasında önemli bir rol oynadığı ve bu genin ester senteziyle pozitif olarak ilişkili olduğunubildirmiştir. FaAAT2 geninin, çileklerdeki meyve uçucu maddelerinin sentezinde yer aldığı ve bu genin meyve büyümesi ve olgunlaşması sırasındaki ekspresyon modelinin çilek meyvesinin olgunlaşması sırasında esterlerin üretimi ile tutarlı olduğunu bildirmişlerdir.

Passa ve ark. (2023) yaptıkları bir araştırmada hasat dönemi boyunca yetiştirilen yirmi beş çilek genotipinde uçucu organik bileşikler (VOC'ler) kompozisyonunu sıvı-sıvı ekstraksiyon ve gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) tekniklerini kullanılarak değerlendirmişlerdir.

Derim tarihinin terpenoid ve fenilpropanoid içeriği($p \leq 0,001$) ile kısmen de esterler, kısa zincirli asitler ve laktonlarda ($p \leq 0,05$) önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir.

2.2 Çilekte QTL ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Lerceteau-Köhler ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada octoploid çilekte (*Fragaria x ananassa*) meyve kalitesi özellikleri için 213 bireyinden oluşan bir populasyon kullanarak QTL analizi yapmışlardır. Gelişimsel ve meyve yönü ile ilgili özellikler, doku ile ilgili özellikler, meyve asitliği, şeker ve askorbat konsantrasyonları dahil olmak üzere, meyve kalitesiyle ilgili toplam 34 özellik değerlendirilmiş ve ilk yılda aralık haritalaması ($LOD > 3.0$) ile toplam 22 anlamlı QTL tespiti belirlenmiştir. Her QTL tarafından açıklanan fenotipik varyans yüzdeleri %6,5 ile %16,0 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Weebadde ve ark. (2008), oktaploid çileklerde yaptıkları çalışmada gün nötr özelliğini belirleyen QTL'i tanımlamak için bir bağlantılı haritalama çalışmaları yapmışlardır. Aynı araştırmacılar, AFLP markörlerini kullanarak gün nötr 'Tribute' çeşidi ile kısa gün 'Honeye' çeşidinin melezlenmesi ile geliştirilen 127 F1 bireyden oluşan bir genetik harita kullanmışlardır. Populasyon AFLP markörleri ile genotiplendirilmiş ve 429 (SDRF) 1541 cm'lik bir ortak haritaya 43 bağlantı grubu ile yerleştirmişlerdir. Haritalama populasyonundaki bireyler, Michigan, Minnesota, Maryland, Oregon ve Kaliforniya 'da yetiştiricilik sezonu boyunca çiçeklenme alışkanlıklarını tespit etmek için gözlemlenmişlerdir. Çalışmanın sonunda söz konusu özellikle ilgili özel ya da bu bölgeler arasında 8 QTL bulmuşlardır. Bu QTL'lerin hiçbirisi fenotipik varyasyonun % 36'sını açıklayamamış ve gün nötrlüğün kalıtımının büyük olasılıkla poligenik bir özellik olduğunu bildirmişlerdir.

Zorrilla-Fontanesi ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada, agronomik olarak zıt karakterlere sahip olan '232' ve '1392' genotiplerinin melezlenmesinden elde edilen F1 çilek populasyonlarını kullanarak, 17 adet meyve kalite özelliğinin genetik olarak kontrolünü incelemişler ve QTL analizlerini arka arkaya 3 yıl boyunca gerçekleştirmişlerdir. Oluşturdukları çilek genetik haritasında, 37 bağlantı grubunu kapsayan 338 moleküler markör bulmuşlardır. Çalışılan 17 özelliğin 14'ü için 33 QTL tespit edilmiş ve bunların yaklaşık % 37'sinin sabit olduğu zamanla değişmediği bildirilmiştir.

Forcada ve ark. (2012), bademde 'Vivot X Blanquerna' populasyonunu meyve kimyasal içeriklerinin QTL analizi için kullanmışlardır. Bununla birlikte, 8 adet daha SSR markörü test etmişler ve haritaya 4 adet daha SSR markörü eklemişlerdir. Toplam haritalanmış SSR lokus sayısının 56 olduğu ve ayrıca yağ, yağ asitleri, tokoferol ve protein içerikleri ile ilgili QTL'ler de belirlediklerini bildirmişlerdir.

Zorrilla-Fontanesi ve ark. (2012), İspanya'da yaptıkları bir çalışmada üstün lezzete sahip olduğu bilinen "232" ve "1392" çeşitlerinin melezlenmesiyle elde edilen F1 genotipleri materyal olarak kullanmışlardır. Yapılan çalışmada GC/MS tekniği ile belirlenen 87 adet uçucu bileşiği hem

ebeveynlerde hem de F1'lerde 4 yıl boyunca analiz edilmiştir. Tanımlanan maddelerin 43 adet ester (% 49.4), 16 adet aldehit (% 18.3), 8 adet alkol (% 9.2), 9 adet keton ve alkan (% 10.3), 6 adet terpen (% 6.9) ve 5 adet (% 5.7) furan olduğunu bildirmişlerdir. 48 farklı uçucu maddeyi kapsayan 70 adet QTL tespit etmişler ve bunlardan birçoğu ana QTL'ler olarak haritalanmıştır. γ -dekalakton ve mesifuran içeriğini kontrol eden lokuslar niteliksel özellikler olarak belirlenmiş ve aday gen yaklaşımı kullanarak, muhtemelen birçok QTL'den sorumlu olan genleri belirlediklerini rapor etmişlerdir.

Antanaviciute ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada çileklerde *Verticillium solgunluğunun* etmeni olan *Verticillium dahliae*'ye karşı direnci araştırmışlardır. İki çilek çeşidi 'Redgauntlet' ve 'Hapil'in melezlenmesi ile elde edilen 173 F1 melez bireyi üç yetiştiricilik mevsimi boyunca arazi koşullarında gözlemlemişlerdir. Bu bireyler için bağlantı haritası oluşturmuşlardır. Hastalık kaynaklı solmaların ortalama skorları, tüm yıllarda çoğunlukla belirgin olan çoklu QTL ile anlamlı olarak ilişkili bulunmuştur. Dirençli, toleranslı ve duyarlı bireyler ile farklı direnç sınıflarında bulunan toplam markör sayısı arasında açık ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlemlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda hastalığın şiddetinin, genotip, mevsim ve sıcaklık gibi değişkenlere bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Yani hastalık gelişim düzeylerinde mevsimsel farklılıklar olduğu bildirilmiştir.

Castro ve Lewers (2016), yaptıkları çalışmada çilekte meyve kalite özellikleri ve çiçeklenme ile ilgili kantitatif özellik lokuslarını (QTL) belirlemişlerdir. Bu çalışmada 'Delmarvel' X 'Selva' melez kombinezyonundan elde edilen F1 popülasyonu kullanmışlar ve toplam çiçeklenme haftası sayısı ile ilişkili bir genomik bölgeyi, LG IV-S-1'de niceliksel olarak tanımlamışlardır. En anlamlı belirteç olarak FxaCAO2I8C-145S belirlenmiş, fenotipik varyasyonun %43.3'ünü tanımlamışlardır. Meyve kalitesi özellikleriyle ilişkili her QTL için fenotipik varyasyonun %4,8 ile %10,7 arasında değiştiği bildirilmiştir. Toplam antosiyaninler ve toplam fenolikler arasındaki eş yerleşimler II-D-4'te de tespit edildiği rapor edilmiştir.

Samad ve ark. (2017), orman çileğinde (*Fragaria vesca* L.) çiçeklenme zamanını kontrol eden üç kromozom üzerindeki QTL'leri incelemişlerdir. İki tanesi hem LG4 hem de LG7'de ve biri LG6'da olmak üzere üç bağlantı grubunda (LG) toplam QTL'leri ortaya çıkararak popülasyondaki çiçeklenme zamanı varyansı açıklamıştır. Yalnızca LG4'te major QTL belirlenmiş bununla birlikte, SSR markırları kullanan 335 satırlık daha büyük bir popülasyonda QTL eşlemesi, hem LG6 hem de LG7'de 4.0'a yakın LOD değerleri gösterdiği bildirilmiştir.

Urrutia ve ark. 2017'de yabani çilekte (*Fragaria vesca*) çilek uçucularını GC-MS tekniği ile tanımlamış ve anahtar uçucu bileşikler için 14 QTL ve nerolidol için 50 ana kantitatif özellik lokusunu (QTL) belirlemişlerdir. Aromatik bileşikler için QTL'leri etkileyen en belirleyici bölgeler LG5 ve LG7'de haritalanmıştır. Spesifik fragmanları içeren NIL (Near Isogenic Line) koleksiyonu'lar arasındaki gen ekspresyonundaki farklılıklara dayalı olarak uçucu QTL için yeni aday genler bildirmişlerdir.

Mangandi ve ark. (2017), çileklerde (*Fragaria x ananassa*) *Phytophthora cactorum*'un neden olduğu kök çürüklüğü hastalığına tolerans mekanizmasını araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, iki multiparental populasyonunu, iki ardışık çilek üretim mevsiminde QTL analizleri yaparak değerlendirmişlerdir. Çalışmada tek nükleotid polimorfizmi (SNP) markörleri kullanılarak oktaploid çilek ($2n = 8 \times = 56$) populasyonu haritalanmış ve QTL analizinde FlexQTL yazılımını kullanmışlardır. FaRPc2 olarak adlandırılan bağlantı grubu 7D'deki ana lokusun, kök çürüklüğüne karşı direnç için major olduğunu bildirmişlerdir. FaRPc2 bölgesinde dört baskın SNP haplotipi tespit etmiş, bunların ikisinin, iki farklı direnç seviyesiyle güçlü bir şekilde ilişkilendirmişlerdir.

Salazar ve ark. (2017), erikte (*Prunus salicina* L.) bir F1 populasyonunda SNP markörleri ile bağlantı gruplarını oluşturmuşlar ve meyve kalite özellikleri ile ilgili QTL analizleri yapmışlardır. Toplamda 42.909 SNP markörü tasarlanmıştır. Araştırmacılar "98-99" X "Angeleno" melezlerinden elde edilen 153 F1'de her bir ebeveyn için bağlantı grupları oluşturmuşlardır. Toplamda 981 SNP markörünü haritaya yerleştirmişlerdir. Anne haritasında toplamda 479 SNP markörü yer almış ve toplam harita uzunluğunu 688.8 cm olarak saptamışlardır. Tozlayıcı haritasında ise toplamda 502 SNP markörü yer almış ve toplam harita uzunluğunu 647.03 cm olarak belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında 2015 ve 2016 yıllarına ait fenotipik özellikleri ile ilgili olgunlaşma süresi (LG4), meyve rengi (LG3-LG4), klorofil degradasyon indeksinin (LG3) ve meyve ağırlığı (LG7) ile ilgili her iki ebeveynin her iki yılda QTL bölgeleri bulunmuş ve önemli ölçüde ilişkili olduklarını tespit etmişlerdir.

Vallarino ve ark. (2019) çilekte L-askorbik asit (L-AA) ve çözünür toplam katı madde (SSC), titre edilebilir asitlik (TA) ve pH gibi diğer ilgili özelliklerin QTL'lerini araştırmışlardır. QTL tespiti için daha önce '232' X '1392' haritalama populasyonu kullanarak '232' X '1392' haritası yapılmış, 2489 cM uzunluğa yayılan toplam 2089 SNP ve SSR işaretçisi içerdiği bildirilmiştir. Aynı araştırmacılar, 44 özellik için belirlenen eşik değerlerin üzerinde toplam 133 QTL tespit ettiklerini ve birkaç metaboliti ve özelliği kontrol eden bir dizi QTLin aynı yerde bulunduğu belirlenmiştir. Rafinoz, sükroz, süksinik asit ve L-AA'da büyük bir varyansı kontrol eden mQTL, HG V' (homoeoloji grup V) ye ait farklı homoeolog bağlantı gruplarının yaklaşık olarak aynı kromozomal bölgelerinde tespit etmişlerdir. F1 populasyonunda L-AA içeriğinde RNA-seq analizi, 826 diferansiyel olarak eksprese edilmiş gen tespit etti ve Mannose-6-fosfat izomerazını, FaM6PI1'i, çilek meyvesindeki askorbik asitte doğal varyasyona katkıda bulunan bir aday gen olarak belirtmişlerdir.

Hossain ve ark. (2019), *Fragaria x ananassa*'da ddRAD-seq SNP'lere dayalı yüksek yoğunluklu bağlantı haritası ve QTL haritalaması yapmışlardır. Populasyonda, kısa gün çeşidi Maehyang ve sürekli çiçek verme eğiliminde olan gün-nötr çilek çeşidi Albion (M x A) melezlenerek yetiştirilen 44 F₁ bireyinden oluşmuştur. Tanımlanan 13.181 yüksek kaliteli SNP arasından, bağlantı analizi için anne veya babada veya her iki ebeveynde heterozigot lokusların varlığına dayalı olarak toplam 4738 markör seçilmiştir. 1268 SNP markörü,

oktaploid *Fragaria*'nın 28 kromozomunun tamamını temsil eden 7 diploid *F. vesca* kromozomunun uzunluğu boyunca 2581.57 cM'lik bir genetik mesafeyi kapsayan 46 bağlantı grubu haritalanmış ve yedi QTL bölgesinde toplam 587 gen bulunmuştur. Bunlar arasında, sürgün apikal meristemlerinin vejetatif ve genaratif dönemlerinde ve çiçeklenmenin düzenlenmesinde rollere sahip olan anahtar aday genler tesbit etmişlerdir. Maehyang ve Albion'un melezlenmesiyle geliştirilen F₁ melez bireylerinde tespit edilen SNP'lere dayalı olarak bir bağlantı haritasının oluşturulması ve ddRAD-seq'i hizalayarak QTL'lerin tanımlanması ilk kez bu çalışmada ortaya koyulmuştur.

Zhang 2020' de yaptığı çalışmasında yabani çileklerde meyve aroması ve uçucu aroma bileşiklerinin genetik analizini yapmıştır. LG5'te aroma uçucu bileşikler için birçok ana QTL'nin bulunmuş ve 17 önemli uçucu bileşik tanımlanmıştır. Metil 2-aminobenzoat ve mirtenil asetat için QTL, LG5:20-35cM ile aynı bölgede yer aldığını rapor edilmiştir. Metil bütanoat içeriğini azaltmaya yönelik QTL, LG5:11-20cM'de bulunmuştur. Yeşil uçucu bileşikler (Z)-3-heksenil asetat ve (E)-2-heksenil asetat için iki QTL, LG5:50-76cM'de belirlenmiş ve LG5:50-76cM'deki yeşil yaprak uçucu bileşikleri için aday gen olarak seçilmiştir.

Fan ve ark. (2021), taze çileğin (*Fragaria X ananassa*) tatlılık ve tüketici beğenisini etkileyen kimyasal etkenleri belirlemişlerdir. Seçilen 148 çilek örneğinin meyveleri yedi yıl boyunca yetiştirilip hasat edilmiş ve hem duyuşal hem de kimyasal analizlere tabi tutulmuş ve 113 uçucu bileşiğin miktarı belirlenmiştir. Bağlantı grubu 6 A'da olan ester üretimini kontrol eden iki lokus tanımlanmışlardır.

Barbey ve ark. 2021'de yaptığı bir çalışmada, *Fragaria X ananassa*'da bir çilek ıslah popülasyonunda aroma bileşikleri ile ilişkili QTL'ler ve aday genler belirlemek için multiomik analizler yapmışlardır. Terpen ve esterler için aday genlerin kromozom üzerindeki pozisyonlarını belirlemişler ve karşılık gelen genomik bölgelerin, biyosentez gen kümelerini içerdiğini bildirilmişlerdir. Dokuz terpen bileşiğinin üretimi için ortak bir QTL belirlenmiş ve genetik haritasında (AX-166504318, AX-166521725) terpen markörü belirlenmiş bunların her ikisi de Chr 3-ü temsil eden "Tatil" X "Korona"da LG 3B'ye karşılık gelmektedir.

Alafraj ve ark. (2021) F₁ popülasyonunda SNP markörleri ile bağlantı gruplarını oluşturmuşlar ve meyve kalite özellikleri ile ilgili QTL analizleri yapmışlardır. Rg x H oktaploid çilek popülasyonunun tüm genomunu temsil eden 28 bağlantı grubundan (LG) oluşan, SNP'ler arasındaki ortalama mesafe 0.7 cM olan toplam 2624.7 santimorgan (cM) uzunluğunda kapsayan 3933 SNP markörü kullanılarak bir bağlantı haritası oluşturmuştur. Bu bağlantı grubunda haritalanan en yüksek ve en az SNP sayısı sırasıyla 272 ve 72 ile LG6.1 ve LG5.2'de bulunmuştur. Konsensüs haritasında on altı boşluk gözlenmiş ve en uzun boşluk 31 cM olarak LG6.3'te hesaplanmıştır. 16 LG'de haritalanan, tümü 5.7 olan evrensel LOD eşiğini aşan ve 6'sının nispeten yüksek LOD puanlarına (>10) sahip olan toplam 29 önemli QTL bölgesi ve ölçülen 16

özellik ile ilişkilendirilmiştir. Özellik başına, en yüksek anlamlı QTL sayısı 4'tür ve L-1-13 için haritalanmıştır.

Siddique ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada, çilek bitkisinin yaprağında klorofil ile ilişkili QTL bölgelerini ve aday genleri araştırmışlardır. Klorofil içeriği ile ilgili QTL'lerin kromozomları 2-2, 4-2, 5-1, 5-3, 6-3 ve 7-2 olarak ortaya konmuştur ve QTL bölgesinde toplam 263 aday gen olduğunu bildirmiştir. Bunlar arasında 12 genin fonksiyonunun klorofil biyosentezi ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

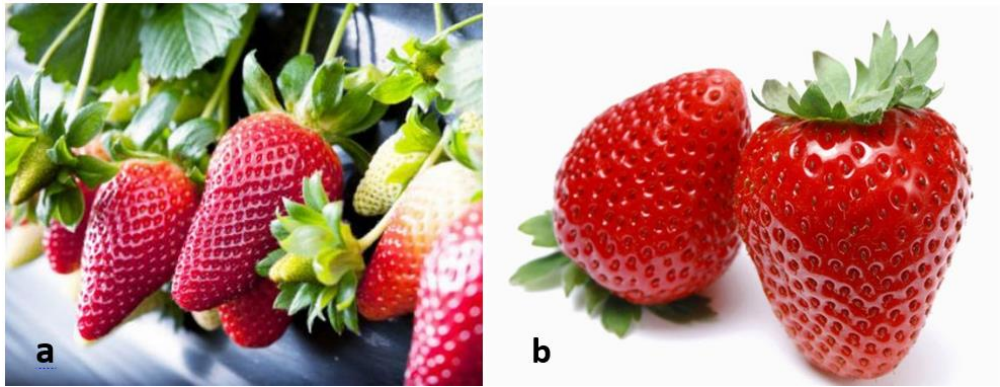
Rey-Serra ve ark. (2022) çilekte meyvemsi aromadan sorumlu olan esterlerin ve diğer uçucu bileşiklerin kalıtımı ile ilgili çalışmada, 16'sı KVC olmak üzere 33 ester, 9 terpen, 7 aldehit, 4 lakton, 2 furan, 1 asit, 1 alkan ve 1 alkol olmak üzere toplam 58 bileşik tanımlamışlardır. Aynı araştırmada toplam 179 QTL tespit ettiklerini ve bunlardan 85'ini en az üç hasatta tespit ettiklerini ve bunların 50 tanesinin majör QTL olarak kabul edildiği (LOD > 4.0) ve bu QTL'lerin beş veya altı hasatta tespit edildiği saptanmıştır. Meyve aroması ile ilişkili birkaç ester QTL kümesi LG7B' de belirlenmiş ve çilek aroması ile ilişkili farklı terpen QTL'leri ise LG3C'de bir kümede gruplandırılmış olarak belirlenmiştir.

Munoz ve ark. (2023) yaptıkları bir çalışmada, bir F₁ populasyonunu kullanarak L-ascorbic acid (AsA) birikiminin genetiği üzerine araştırmalar yapmışlardır. Çevresel etkileri hesaba katmak için, F₁ bireyleri ve ebeveynleri, Avrupa çapında beş farklı ülke de (Fransa, Almanya, İtalya, Polonya ve İspanya) fenotipik olarak değerlendirilmiştir. Meyve AsA içeriği, kantitatif özelliklerin tipik normal dağılımı gösterdiği genotipler ve çevreler arasında önemli farklılıklar beş katı kadar değişebildiği saptanmıştır. Her ülkedeki AsA içeriği ve hepsindeki ortalama, kantitatif özellik yeri (QTL) analizi için 6.974 markörler kullanılmıştır. AsA içeriği için çevresel olarak kararlı QTL'ler, bağlantı grubu (LG) 3A, LG 5A, LG 5B, LG 6B ve LG 7C'de tespit edildiği aday genlerin, kararlı QTL aralıkları içinde tanımlandığı ve zıt AsA içeriğine sahip ifadenin GDP-L-Galaktoz Fosforilaz FaGGP(3A) ve kloroplastta bulunan AsA taşıyıcı gen FaPHT4;4(7C) olduğu belirlenmiştir. FaGGP(3A) 'nın her iki ebeveyn hattından kalıtılan resesif alellerinin meyve AsA içeriğini arttırdığını ve FaGGP(3A) 'nın ifadesinin, yüksek AsA'ya sahip hatlarda iki kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

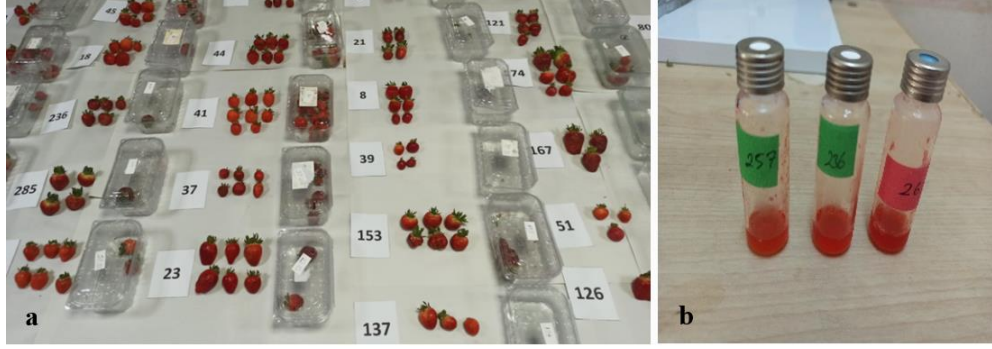
Bu tez kapsamında bitkisel materyal olarak Yaltır A.Ş.'nin Adana bölgesindeki seralarında yetiştirilen Fortuna x Rubygem melezlenmesiyle elde edilen bitkiler ve bu bitkilerden elde edilen meyveler materyal olarak kullanılmıştır. Fortuna x Rubygem çeşitlerinin melezlenmesi ile F1 popülasyonu oluşturulmuştur. Bitki materyalini oluşturan yavru F1 çileklerin DNA izolasyon ve sekanslaması yapılarak haritası elde edilmiştir. Rubygem çilek çeşidi, araştırmacıların kısa gün bitkisi olarak ıslah ettiği ve orta büyüklükte meyvelere sahip, yüksek aromalı, şeker oranı yüksek, erkenci ve yola dayanıklı bir çilek çeşididir (Herrington, 2007). Fortuna çilek çeşidi ise araştırmacıların kısa gün bitkisi olarak ıslah ettiği ve Rubygem'e oranla daha büyük meyveli, konik şekilli, erkenci, meyve hasatı nispeten daha kolay ve meyve kalitesi oldukça yüksek bir çeşittir (Şekil 3.1., Şekil 3.2.) (Whitaker ve ark., 2008).



Şekil 3.1. Ebeveyn Çilek Çeşitlerinin Görünümü: a- Fortuna, b- Rubygem



Şekil 3.2. Melez çilek bireyleri ile ebeveynlerine ait görünüm



Şekil 3.3. a- Melez çilek meyvelerine ait görünüm, b- Aroma analizi için örnek hazırlama aşaması

Fortuna X Rubygem F1 populasyonu (160 F1 birey) ve ebeveynleri 2020 ve 2021 yılları arasında yetiştirilen ve iki yetiştirme periyodu boyunca her yıl nisan ve mayıs aylarında derilen meyve örneklerine ait meyve suyu örnekleri homojenize edilerek elde edilen meyve suyu örnekleri analiz yapılana kadar -20 C’de muhafaza edilmişlerdir.

3.2 Metot

3.2.1 Aroma Bileşiklerin Tayini

Aroma analizinin analiz süresini hızlandırmak için günümüzde birçok yöntemler geliştirilmiştir (Shiers ve ark. 1999). Aroma analizi için geleneksel gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) yaygın kullanılan bir analitik tekniktir. GC-MS analizlerinde uçucu bileşikler için hızlı, basit ve ucuz bir ekstraksiyon tekniği olan Tepe Boşluğu katı fazlı mikro ekstraksiyon (HS SPME) tekniği ile yapılabilmektedir (Kataoka ve ark., 2000; Roth ve ark., 2007; Vermeir ve ark., 2009).

Bu çalışma da aroma analizi için 250 gram meyve örneği homojenizatör ile homojenize edilerek ekstraksiyon için 1 gram örnek tartılarak üzerine 1 ml NaCl eklendi. 30 dakika boyunca 40 °C su banyosunda SPME fiber DVB/CAR/PDMS (Divinylbenzene/Carboxen/PDMS; blue) ile ekstraksiyonu yapıldı. Enjeksiyonlar Shimadzu GC-2010 Plus Gaz kromatografi kütle spektrometresi (GC / MS) kullanılarak yapıldı. HP-Innowax Agilent kolonu (30 m x 0.25 mm iç çap, 0.25 µm kalınlık) ve taşıyıcı gaz olarak helyum kullanıldı. GC fırın sıcaklığı 40 ° C'de tutuldu ve 5 ° C / dak'lık bir hızda 260 ° C'ye programlandı ve daha sonra 260 ° C'de 40 dakika sabit tutuldu. Enjektör sıcaklığı 250 ° C olarak ayarlandı. MS 70 eVkütle aralığı m / z 30-400 olarak yapıldı. Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin konsantrasyonları, iç standart yöntemiyle hesaplanmıştır. Wiley, Nist ve Flavour GC-MS kitaplıkları kullanılarak bir kütüphane araştırması gerçekleştirildi. Kütle spektrumları ayrıca referans bileşiklerle karşılaştırılarak ve önceki yıllarda yayınlanmış kaynaklardan elde edilen retensiyon indekslerinin yardımıyla doğrulandı. Ayrılan bileşiklerin oransal yüzde miktarları, bilgisayar ortamında toplam iyon kromatogramlarında hesaplandı.



Şekil 3.4. Aroma Bileşiklerinin Headspace SPME GC-MS cihazı ile analiz aşamasından görüntüler

3.2.2. Genetik Bağlantı Haritası

Ayvaz Sönmez ‘in 2022 çilekte kurşuni küf hastalığı (*Botrytis cinerea*) ile ilişkili kantitatif özellik lokuslarının belirlenmesi isimli doktora tezi kapsamında elde etmiş olduğu genetik harita kullanılmıştır.

Haritalama için kullanılan SNP verisi, Kaliforniya Üniversitesi Davis Çilek Yetiştirme Programı Affymetrix Gelişmiş Tasarım Programı tarafından geliştirilen Axiom FanaSNP Çilek 50K genotipleme çipi kullanılarak elde edilmiştir (Hardigan ve ark., 2020). Bu çip içerisinde FanaSNP ve iStraw35 olarak iki panel bulunmakta ve sırasıyla 49,483 ve 5,809 valide edilmiş subgenom spesifik SNP bulunmaktadır. QTL bölgesindeki en yakın marköre ait SNP’ye ait kromozomal pozisyon, çileğin “Camarosa v1” genom versiyonundaki pozisyonuna göre belirlenmiştir (Edger ve ark., 2019).

3.2.3. QTL Analizleri

QTL analizleri R/qtl2 paketi (Broman, 2019) ile analiz edilmiştir. Genotipik ve fenotipik data `read_cross2()` fonksiyonu ile okunmuştur. Her bir SNP markör arasındaki mesafeler `insert_pseudomarkers()` fonksiyonu ile 1cM aralıklarla doldurulmuştur. Markörlere ait genotipik olasılıklar Hidden Markov model kullanılarak `calc_genoprob()` fonksiyonu ile hesaplanmıştır. Örnekler arasındaki benzerlik matriksi `calc_kinship()` fonksiyonu kullanarak LOCO (Leave One Chromosome Out) metodu ile hesaplanmıştır. Benzerlik matriksi kullanılarak QTL değerlerinin hesaplanması için Doğrusal Karışık Model içeren `scan1()` fonksiyonu kullanılmış ve LOD değeri 2’nin üzerinde olan QTL’ler rapor edilmiştir. QTL grafikleri R (R Core Team, 2021) ortamında yazılmış bir script ile görselleştirilmiştir.



Bu tez çalışmasında, F1 populasyonu ve ebeveynlerin aroma analiz sonucunda toplam 37 adet alkol uçucu bileşeni elde edilmiştir. Alkol uçucuları arasında yer alan 2-Hexen-1ol (0,14 - 34,78), 1-Hexanol (0,16 - 32,95), isobutyl alkol (0,82 - 15,1), bileşikleri bu sınıf içerisinde yüzdelik olarak majör maddeleri temsil etmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1.Çilek meyvelerinde belirlenen alkol bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri

Bileşikler	Min - Max	Ort ± SD
5-Methyl-2-(1-Methylethyl)- Cyclohexanol	0.12 - 0.12	0.120 ±0
2-Heptanol	0.21 - 0.23	0.220 ±0.01
Terpineol	0.63 - 0.66	0.645 ±0.02
2-Methyl-2-Buten-1-Ol.	0.36 - 0.42	0.383 ±0.03
9-Hydroxy-Linalool	0.21 - 0.28	0.245 ±0.05
Santalol	0.22 - 0.38	0.323 ±0.09
1-Butanol	0.06 - 0.25	0.173 ±0.1
2-Penten-1-Ol	0.12 - 0.62	0.308 ±0.13
Hex-2-Enol	0.04 - 0.64	0.252 ±0.13
6-Methyl-2-Heptanol	0.33 - 0.54	0.435 ±0.15
5-Methyl-2Cyclohexanol	0.15 - 0.44	0.340 ±0.16
Carveol	0.36 - 0.71	0.485 ±0.17
Phenol.2,4-Bis(1-Dimethylethyl)-	0.12 - 0.63	0.324 ±0.17
1-Octanol	0.13 - 1.2	0.415 ±0.19
1-Nonanol	0.1 - 1.13	0.336 ±0.2
1-Decanol	0.13 - 0.66	0.445 ±0.23
Cis 2 Pentenol	0.18 - 0.8	0.46 ±0.25
1-Pentanol	0.04 - 1.74	0.360 ±0.26
1-Penten-3-Ol	0.2 - 1.37	0.411 ±0.26
3-Methyl 1-Butanol	0.14 - 0.94	0.435 ±0.26
Butanethiol	0.48 - 1.18	0.690±0.33
Iso Amyl Alcohol	0.11 - 1.34	0.525 ±0.35
3-Hexen-1-Ol	0.08 - 1.87	0.528 ±0.38
3,7-Dimethyl-3-Octanol.	0.11 - 2.33	0.563 ±0.45
Alpha-Bisabolol	0.28 - 2.1	0.886 ±0.5
Vinyl Amyl Carbinol	0.2 - 0.95	0.575 ±0.53
Linalool	0.08 - 3.6	0.629 ±0.6
2,6-Dimethyl-7-Octen-2-Ol.	0.34 - 1.21	0.775 ±0.62
Linalool Oxide	0.07 - 3.8	0.737 ±0.72
Benzenemethanol	0.11 - 2.52	0.696 ±0.8
2-Ethyl-1-Hexanol.	0.09 - 6.73	0.668 ±0.83
3-Methyl-acetate 2-Buten-1-Ol.	0.13 - 4.59	1.187 ±1
Cyclohexanol	1.1 - 4.09	2.595 ±2.11
3,7,11-Trimethyl 1,6,10-Dodecatrien-3-ol	0.28 - 12.65	2.682 ±3.28
1-Hexanol	0.16 - 32.95	3.887 ±4.12
Isobutyl Alcohol	0.82 - 15.1	9.26 ±4.67
2-Hexen-1-ol	0.14 - 34.78	4.386 ±5.12

4.1.2. Ester İçeriği

Esterler çilek uçucularını tanımlayan karakteristik uçucu bileşiklerdir, bununla birlikte farklı çilek çeşit ve türlerinde ve farklı miktarlarda bulunabilirler (Jetti ve ark. 2007; Dong, 2013). Esterlerin genellikle çilek aromasına tatlı, meyvemsi notalar kattığı ve düşük koku eşiklerine sahip olduğu bildirilmiştir (Ulrich ve ark., 1997). Esterler çilek meyvesinde bulunan majör bileşik sınıfıdır. Bu tez kapsamında F1 popülasyonu ve ebeveynlerin aroma analizi sonucunda toplam 76 adet ester sınıfına ait bileşik belirlenmiştir.

Dört dönem boyunca hasatı yapıp analiz edilen bu bileşikler arasında sırayla, Acetic Acid Ethyl Ester (0,16 - 25,04), Acetic Acid, Methyl Ester (0.43 – 38.37), Butanoic Acid Methyl Ester (0,66 - 26,58) Butanoic Acid, Ethyl Ester (0.61 – 37.03) bileşikler esterlerde en yüksek yüzdelik orana sahipken, Iso Amyl Butyrate (0,15 - 0,18), İsobutyl-Propionate (0.07 – 0.36) 2- Butanoic Acid Methyl -Methyl Ester ise en düşük yüzdeliğe sahip bileşikler temsil etmektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Çilek meyvelerinde belirlenen ester bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri

Bileşikler	Min - Max	Ort ± SD
Iso Amyl Butyrate	0.15 - 0.18	0.165 ±0.02
Acetic Acid. 2-Ethylhexyl Ester	0.21 - 0.35	0.283 ±0.05
2-Butenoic Acid. Methyl Ester	0.25 - 0.37	0.313 ±0.06
Tetrahydrofurfuryl Acetate	0.19 - 0.29	0.24 ±0.07
Terpinyl Butyrate	0.16 - 0.44	0.254 ±0.08
Pentanoic Acid. Ethyl Ester	0.14 - 0.37	0.181 ±0.08
İsobutyl-Propionate	0.07 - 0.36	0.188 ±0.08
Hexanoic Acid. Butyl Ester	0.16 - 0.36	0.236 ±0.08
Tetrahydrofurfuryl Propionate	0.13 - 0.4	0.237 ±0.1
Butanoic Acid. 3-Methylbutyl Ester	0.2 - 0.47	0.312 ±0.11
Benzoic Acid. 2-Hydroxy-. Methyl Ester	0.21 - 0.43	0.323 ±0.11
Pentanoic Acid. Methyl Ester	0.22 - 0.56	0.33 ±0.11
Acetic Acid. Propyl Ester	0.23 - 0.5	0.318 ±0.12
2-Butenoic Acid. Ethyl Ester	0.09 - 0.45	0.288 ±0.14
Acetic Acid. 2-Phenylethyl Ester	0.41 - 0.66	0.573 ±0.14
Propanoic Acid. Ethyl Ester	0.15 - 0.53	0.31 ±0.14
Isobutyl Isopentanoic Acid Ester	0.12 - 0.48	0.293 ±0.16
Hex-3-Enyl Formate	0.09 - 0.54	0.305 ±0.16
Butyl- 2-Methyl->Butyrate <	0.56 - 0.9	0.703 ±0.18
3-Hexen-1-ol Acetate	0.1 - 0.91	0.355 ±0.18
1.2-Dimethyl-2-Propenyl Acetate	0.29 - 0.58	0.435 ±0.21
Ocimenyl Acetate	0.25 - 0.84	0.413 ±0.21
Phytol Acetate	0.1 - 1.11	0.447 ±0.22
Propanoic Acid 2-Methyl- 3- Hydroxy-2.4.4-Trimethylpentyl Ester	0.15 - 1.16	0.462 ±0.22
Nonane-1.3-Diol Acetate	0.21 - 0.68	0.373 ±0.23
Heptyl Acetate	0.3 - 1.23	0.532 ±0.25
Butanoic Acid. 2-Methyl-. Methyl Ester	0.21 - 0.96	0.503 ±0.25

Çizelge 4.3 Çilek meyvelerinde belirlenen ester bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri (Devamı)

Butanoic Acid. Octyl Ester	0.11 - 1.48	0.455 ±0.27
Benzyl Acetate	0.18 - 1.05	0.549 ±0.29
Butanoic Acid. Hexyl Ester	0.16 - 1.4	0.439 ±0.29
Propanoic Acid. 2-Oxo-. Methyl Ester	0.26 - 0.89	0.553 ±0.32
Methyl Propionate	0.49 - 1.27	0.704 ±0.32
Glycolate	0.19 - 1.66	0.611 ±0.34
Butanoic Acid. 3-Methyl-. Ethyl Ester	0.07 - 2.04	0.609 ±0.38
İsobutyl-Acetoacetate < >	0.29 - 1.7	0.601 ±0.42
Hexanoic Acid. 1-Methylethyl Ester	0.21 - 1.52	0.881 ±0.43
Methyl Acetate	0.02 - 2.31	0.671 ±0.46
Acetic Acid. Phenylmethyl Ester	0.18 - 5.6	0.677 ±0.48
Heptanoate	0.37 - 1.35	0.818 ±0.48
Butanoic Acid. Butyl Ester	0.12 - 2.41	0.816 ±0.54
Formate	0.1 - 2.81	0.621 ±0.55
Acetic Acid. Butyl Ester	0.13 - 3.84	0.77 ±0.57
2.2.4-Trimethyl-Pentan-1.3-Dioldiisobutyrate.	0.07 - 2.38	0.901 ±0.59
Butanoic Acid. 3-Methyl-. Methyl Ester	0.07 - 2.57	0.881 ±0.61
Butanethioic Acid. S-Methyl Ester	0.03 - 2.58	0.701 ±0.65
1-Butanol. 3-Methyl-. Acetate	0.12 - 3.78	0.8 ±0.65
Ethanethioic Acid. S-Methyl Ester	0.23 - 4.38	0.809 ±0.7
2-Methyl-Butyl Acetate	0.17 - 1.92	0.828 ±0.71
Ethyl 2-(Methylthio)-Acetate	0.2 - 2.67	0.729 ±0.71
Isovalerate	0.3 - 2.06	1.325 ±0.79
Hexanoate	0.74 - 1.86	1.3 ±0.79
Isobutyrate	0.07 - 5.66	0.687 ±0.86
Acetic Acid. 1-Methylethyl Ester	0.27 - 2.89	1.489 ±0.89
Phenylacetaldehyde	0.7 - 2.22	1.46 ±1.07
Acetic Acid. Hexyl Ester	0.14 - 10.93	1.087 ±1.08
Acetic Acid Ethenyl Ester	0.73 - 3.06	1.927 ±1.17
Isopropyl Butanoate	0.24 - 5.45	1.67 ±1.18
Methyl Butyrate	0.14 - 3.53	0.67 ±1.26
1.2-Benzenedicarboxylic Acid. Diethyl Ester	0.23 - 10.12	1.591 ±1.31
Butanoic Acid. 2-Methyl-. Ethyl Ester	0.22 - 5.38	1.865 ±1.4
Diethyl Phthalate	1.57 - 4.73	2.802 ±1.49
1-Butanol. 2-Methyl-. Acetate	0.25 - 11.3	1.592 ±1.51
Hexyl-Butyrate < >	0.28 - 6.47	1.683 ±1.95
2-Hexen-1-Ol. Acetate	0.19 - 25.13	2.032 ±2.43
Amyl-Acetate < >	2.5 - 6.77	4.635 ±3.02
Butanoate	0.36 - 7.23	2.558 ±3.21
Hexanoic Acid. Ethyl Ester	0.15 - 32.48	3.424 ±4.05
Hexanoic Acid. Methyl Ester	0.19 - 22.37	5.159 ±4.17
Butanoic Acid. Ethyl Ester	0.19 - 20.77	6.022 ±4.61
Acetic Acid Ethyl Ester	0.16 - 25.04	4.331 ±4.76
Ethyl Acetate	0.46 - 35.8	5.5 ±5.48
Acetic Acid. Methyl Ester	0.43 - 38.37	9.029 ±6.92
Butanoic Acid. Ethyl Ester	0.61 - 37.03	11.34 ±7.02

Çizelge 4.2 Çilek meyvelerinde belirlenen ester bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri (Devamı)

Acetic Acid. Ethyl Ester	0.54 - 77.88	5.132 ±7.82
Butanoic Acid. Pentyl Ester	0.12 - 0.33	0.22 ±0.09
Butanoic Acid. Methyl Ester	0.66 - 26.58	10.324 ±5.67

4.1.3. Keton İçeriği

Ketonlar çilekte az miktarda bulunur ve karakteristik bileşikler arasında sayılmaz. Ancak yapılan duyu analizi panellerinde tatlılığı artırıcı etkiler gösterdiği ortaya konmuştur. (Fan ve ark. 2021). F1 popülasyonunu ve ebeveynlerin aroma analizi sonucunda toplam 15 adet keton bileşiği belirlenmiştir.

Dört dönem hasat boyunca analiz edilen çilek meyve sularında Hexyl Methyl Ketone (0,42 - 10,03), 2,3-Butanedione (0.42 – 10.03), bileşikleri keton sınıfının en yüksek yüzdelik orana sahip bileşikleri temsil ederken, 2-Heptanone (0.14 – 0.63), Amyl Ethyl Ketone (0.44 – 0.5) bileşiği en düşük yüzdeliğe sahip bileşik olmuştur (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Çilek meyvelerinde belirlenen keton bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri

Bileşikler	Min - Max	Ort ± SD
Amyl Ethyl Ketone	0.44 - 0.5	0.47 ±0.04
2-Heptanone	0.14 - 0.63	0.288 ±0.16
Alpha.-İso-Methyl İonone	0.16 - 0.58	0.315 ±0.18
Propyl Methyl Ketone	0.14 - 0.79	0.447 ±0.2
6-Methyl-5-Hepten-2-One	0.24 - 0.96	0.519 ±0.21
Pentan-2-One <4-Methyl	0.39 - 0.95	0.566 ±0.25
2-Octanone	0.12 - 0.52	0.32 ±0.28
2(3H)-Furanone. Dihydro-	0.64 - 1.09	0.865 ±0.32
2-Butanone. 3-Hydroxy-	0.11 - 0.9	0.395 ±0.32
Neryl Acetone	0.09 - 0.84	0.465 ±0.53
Carvone	0.07 - 2.03	0.585 ±0.58
2-Propanone	0.58 - 3.79	2.059 ±1.18
2-Propanone. 1-Hydroxy-	0.11 - 6.21	0.955 ±1.29
2.3-Butanedione	0.27 - 4.93	1.522 ±1.46
Hexyl Methyl Ketone	0.42 - 10.03	2.844 ±3.04

4.1.4. Terpen İçeriği

Terpenlerin çeşitli çilek aromasına olumlu katkıda bulunduğu, çiçek ve narenciye notaları sağladığı ve tatlılığı arttırdığı tanımlanmıştır (Du ve ark., 2011; Schwieterman ve ark., 2014; Ulrich ve Olbricht, 2016). Terpenoidler, birçok uçucu madde içeren bitki sekonder metabolitlerinin en büyük sınıfını oluşturur. Hemiterpenler, monoterpenler, seskiterpenler, homoterpenler ve bazı diterpenler atmosfere salınmalarına izin veren yüksek bir buhar basıncına sahiptir (Beekwilder ve ark., 2004). Terpenoidlerden linalool ve nerolidol ise çiçeksi notalar ekler. Bununla birlikte, bu

bileşikler esas olarak (*F. x ananassa*) tespit edilmiş, diploid yaban çileğinde (*F. vesca*) tespit edilmemiştir (Aharoni ve ark., 2004).

F1 populasyonun yapılan aroma analizlerinde toplam 18 adet terpen bileşiği elde edilmiştir. Dört dönem hasat boyunca analiz edilen çilek meyve sularında, en yüksek yüzdelik orana sahip L-Limonen (0.31 – 16.46), Styrene (0.14 – 42.4), Hexadecane (0.19 – 20.43) terpen bileşikler olmuştur. Terpenoid yani akolden terpene dönüşen uçucular arasında yer alan Nerolidol (0.22 – 25.38), Alpha Terpineol(0.3 – 17.28), Linalool (0.92 - 29,14) bileşenleri bu sınıf içerisinde yüzdelik olarak majör maddeleri temsil ederken Beta-Myrcene (0.11 – 0.36), Gamma Terpinene (0.8 – 1.13) ise en düşük yüzdeliğe sahip bileşikler olmuştur (Çizelge 4.5.).

Çizelge 4.5. Çilek meyvelerinde belirlenen terpen bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri

Bileşikler	Min - Max	Ort ± SD
3.7-Dimethyl-1.3.6-Octatriene.	0.44 - 0.45	0.445 ±0.01
1.4-Dimethyl-Benzene.	0.35 - 0.4	0.375 ±0.04
Beta-Myrcene	0.11 - 0.36	0.24 ±0.09
Gamma Terpinene	0.8 - 1.13	0.965 ±0.23
Limonene	0.59 - 1.02	0.747 ±0.24
1.2-Dimethyl- Benzene.	0.1 - 1.58	0.41 ±0.28
Beta-Bisabolene	0.25 - 1.91	0.668 ±0.55
.Alpha.-Muurolene	0.2 - 1.09	0.645 ±0.63
Alpha Terpinene	0.13 - 6.46	0.579 ±0.78
Trichloromethane	0.1 - 4.03	1.201 ±1.3
Hexadecane	0.19 - 20.43	2.504 ±2.56
L-Limonene	0.31 - 16.46	3.69 ±7.14
Methyl-Benzene	1.57 - 23.79	7.98 ±8.98
Styrene	0.14 - 42.4	5.996 ±13.05
DI-Limonene	0.36 - 19.3	4.72 ±6.93
Nerolidol	0.22 - 25.38	3.23 ±2.8
Alpha Terpineol	0.3 - 17.28	4.043 ±2.91
Linalool	0.92 - 29.14	8.469 ±4.39

4.1.5. Aldehit İçeriği

Aldehitler, özellikle yeşil ve taze kokulara katkıda bulunur (Ulrich ve ark., 1997). Tüketici ve eğitimli panellerde en iyi tatlılık arttırıcı maddeler olduğu bildirilmiştir (Fan ve ark., 2021). ‘Yeşil uçucu bileşikler’ olarak adlandırılan -3-heksenal, -2-heksenal ve -3-heksen-1-ol'un aroma özelliklerine katkıda bulunduğu ve tipik olarak olgunlaşmayla birlikte azaldığı rapor edilmiştir (Ulrich ve ark., 1997; Schieberle ve Hoffman, 1997).

F1 populasyonun yapılan aroma analizlerinde toplam 12 adet aldehit sınıfına ait bileşik belirlenmiştir. Dört dönem hasat boyunca analiz edilen çilek meyve sularında, en yüksek yüzdelik

orana sahip 2-Hexenal (0.14 – 39.89) ve Hexanal (0.15 – 18.09) bileşikleri olurken en düşük yüzdeliğe sahip 3-Methyl-Benzaldehyde (0.06 – 0.45) bileşiği olmuştur (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6 Çilek meyvelerinde belirlenen aldehit bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerler

Bileşikler	Min - Max	Ort ± SD
Nonanal	0.21 - 0.22	0.215 ±0.007
3-(Cyclohex-3'-En) Propionaldehyde	0.31 - 0.39	0.35 ±0.04
3-Methyl-Benzaldehyde.	0.11 - 0.22	0.165 ±0.045
2-Methyl-Benzaldehyde.	0.06 - 0.45	0.222 ±0.103
Heptenal	0.15 - 0.48	0.295 ±0.14
<2-Methyl->Valeraldehyde	0.15 - 0.6	0.293 ±0.158
4-Methyl-Benzaldehyde.	0.12 - 1.36	0.509 ±0.313
Benzaldehyde	0.3 - 1.69	0.586 ±0.317
2.5-Dimethyl Benzaldehyde. -	0.24 - 4.89	1.39 ±1.142
2-Methyl-Butyraldehyde <>	1.77 - 3.89	2.83 ±1.499
Hexanal	0.15 - 18.09	2.168 ±2.038
2-Hexenal	0.14 - 39.89	7.662 ±9.276

4.1.6. Asit İçeriği

F1 bireylerin toplam dört hasat dönemi boyunca analizi sonucunda belirlenen toplam 14 adet aroma meyve asit içeriği elde edilmiştir ve yüzde oran olarak Hexanoic Acid (0.42 – 37.65), 2-Methyl- Butanoic Acid (0.6 – 25.52), en yüksek yüzde oranlara sahip olurken Decanoic Acid (0.2 – 0.48) ve Propanoic Acid (0.06 – 0.52) en düşük yüzdeliğe sahip asit bileşikleri olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.7. Çilek meyvelerinde belirlenen asit bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri

Bileşikler	Min - Max	Ort ± SD
Decanoic Acid	0.2 - 0.48	0.252 ±0.09
Propanoic Acid	0.06 - 0.52	0.227 ±0.1
2-Ethyl-Hexanoic Acid.	0.18 - 0.62	0.316 ±0.12
Heptanoic Acid	0.13 - 0.87	0.328 ±0.15
Isocaproic Acid	0.15 - 0.59	0.273 ±0.21
Pentanoic Acid	0.33 - 0.82	0.493 ±0.23
Capric Acid	0.31 - 1.97	0.641 ±0.46
Butanoic Acid	0.15 - 2.62	0.705 ±0.48
Octanoic Acid	0.14 - 3.73	0.841 ±0.52
2-Methyl Propanoic Acid.	0.1 - 5.88	0.793 ±0.66
Nonanoic Acid	0.21 - 5.66	1.179 ±0.74
Acetic Acid	0.24 - 11.74	1.713 ±1.45
2-Methyl-Butanoic Acid.	0.6 - 25.52	5.213 ±3.46
Hexanoic Acid	0.42 - 37.65	9.587 ±6.52

4.1.7. Lakton İçeriği

Önemli bir uçucu bileşik olan Gama-dekalakton bileşiği, meyvemsi, tatlı veya şeftali aroması olarak tanımlanır ve meyve aromasına katkıda bulunur (Ulrich, 2007). Verimi etkilemeden çileklerin tatlılık algısını arttırmaya yönelik alternatif bir çözüm, Gama-dekalakton gibi tatlılık artırıcılar olarak görev yapan VOC'lerin yetiştirilmesidir (Schwieterman ve ark., 2014).

Bu çalışmada baharatlı, çiçeksi ve meyvemsi özellikleriyle bilinen yalnızca bir lakton, gama dekalakton tespit edilmiştir. Gamma-dekalakton bileşiği F1 Bireylerin toplam dört hasat boyunca aroma analizi sonucunda en yüksek yüzde değeri %52.66 en düşük değeri ise 0.14 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. Çilek meyvelerinde belirlenen lakton bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri

Bileşikler	Min - Max	Ort ± SD
Gamma Decalactone	0.14 - 52.66	10.765 ±8.71

4.1.8. Furanon İçeriği

Çilekler çok düşük miktarda uçucu furanon içerir. Ancak furanonlar, eşik değerleri ile karşılaştırıldığında uçucuların profilleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Latrasse, 1991). Furanonlar, karbon iskeleti parçalanmadan heksoz ve pentozlardan türetilen birkaç doğal uçucu bileşiğe karşılık gelir (Pérez, 1996). Bazı araştırmacılar aromaya katkıda bulunan 2,5-dimetil-4-hidroksi-3(2H), furanon (furanol) ve 2,5-dimetil-4-metoksi-3(2H)-furanon, (mesifuran) bileşiklerini, çilek aroması için karakteristik olmasa da en önemlilerinden ikisinin olduğunu bildirmişlerdir (Larsen ve Poll, 1990). Furanlar, özellikle furanol ve mesifuran, karamel notaları eklendiğinde önemli katkı maddeleri olarak kabul edilir (Schieberle ve Hoffmann, 1997; Ulrich ve ark., 1997; Jetli ve ark., 2007), Bu çalışmada, F1 bireylerin toplam dört hasat boyunca aroma analizi sonucunda belirlenen mesifuran bileşiğinin maksimum değeri %8,16 ve ortalama değeri ise %1.471 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9 Çilek meyvelerinde belirlenen furan bileşiklerinin minimum, maksimum, ve ortalama, değerleri

Bileşik	Min - Max	Ort ± SD
Mesifuran	0.13 - 8.16	1.471 ±1.52

F1 bireylerin dört hasat boyunca aroma analizi sonucunda belirlenen, yüzde olarak düşük oranlara sahip olan 20 adet aroma bileşik, sınıflandırma da katagorize edilmeseler de aroma üzerinde etkileri bulunmaktadır.

Çilek aroması tüketici kabulünde önemli bir faktördür (Folta ve Klee, 2016). Çilekte uçucu aroma bileşenlerin farklı oranları, varlığı veya yokluğu genellikle aroma özelliklerini belirler. Bu çalışmada Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda dört hasatta 160 genotipte elde edilen meyvelerin

aroma bileşikleri tespit edilmiştir. Her bir aroma bileşik sınıfı için uçucuların oranına ilişkin olarak, bunların yarısından fazlasının esterler (%57) olduğu, bunu sırasıyla terpenler (%16), aldehitler (%12), laktonlar ve furanların (%5) takip ettiğini belirlenmiştir (Zorrilla-Fontanesi ve ark., 2012, Urrutia ve ark., 2017, Schwieterman ve ark., 2014). Kafkas ve ark. (2004) Osmanlı çileğinin taze ve dondurulmuş meyvelerinde bulunan aroma maddelerini SPME tekniği ile belirlemişlerdir ve esterlerin çilek aromasında en etkili grup olduğu bildirilmiştir. Yapılan bu çalışmada elde edilen 194 bileşiğin 76 tanesi (% 40) ester sınıfına aittir ve bu sonuç çilekte baskın bileşik grubunun esterler olduğunu doğrulamaktadır.

Zorrilla-Fontanesi ve ark. (2012) F1 populasyonunda yaptıkları volatilom analizinde 87 uçucu bileşik elde etmişlerdir. Urrutia ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada 100 farklı bileşik elde etmiştir. Rey-Serra (2022) yaptığı aroma analizinde 33 ester, 9 terpen, 7 aldehit, 4 lakton, 2 furan, 1 asit, 1 alkan ve 1 alkol olmak üzere toplam 58 bileşik tanımlamıştır. Bu çalışmada yapılan analiz sonucunda 76 adet ester, 37 adet alkol, 14 adet asit, 12 adet aldehit, 15 adet keton, 1 adet lakton, 1 adet furan ve 18 adet terpen sınıfına ait toplam 174 bileşik tanımlanmıştır ve yüzde oranları diğer çalışmalarla uyumlu bulunmuştur. Uçucu organik bileşikler, meyve tüketicisinin kabulünde anahtar faktörlerdir. Bu nedenle ıslah programları, pazar talebini karşılamak ve markör destekli ıslah (MAS) için yeni veriler sunacaktır. Bu çalışmada Fortuna×Rubygem çilek populasyonunun aromatik profili tanımlanarak uçucu bileşiklerin birikiminden sorumlu genom bölgeleri ortaya çıkarılmıştır.

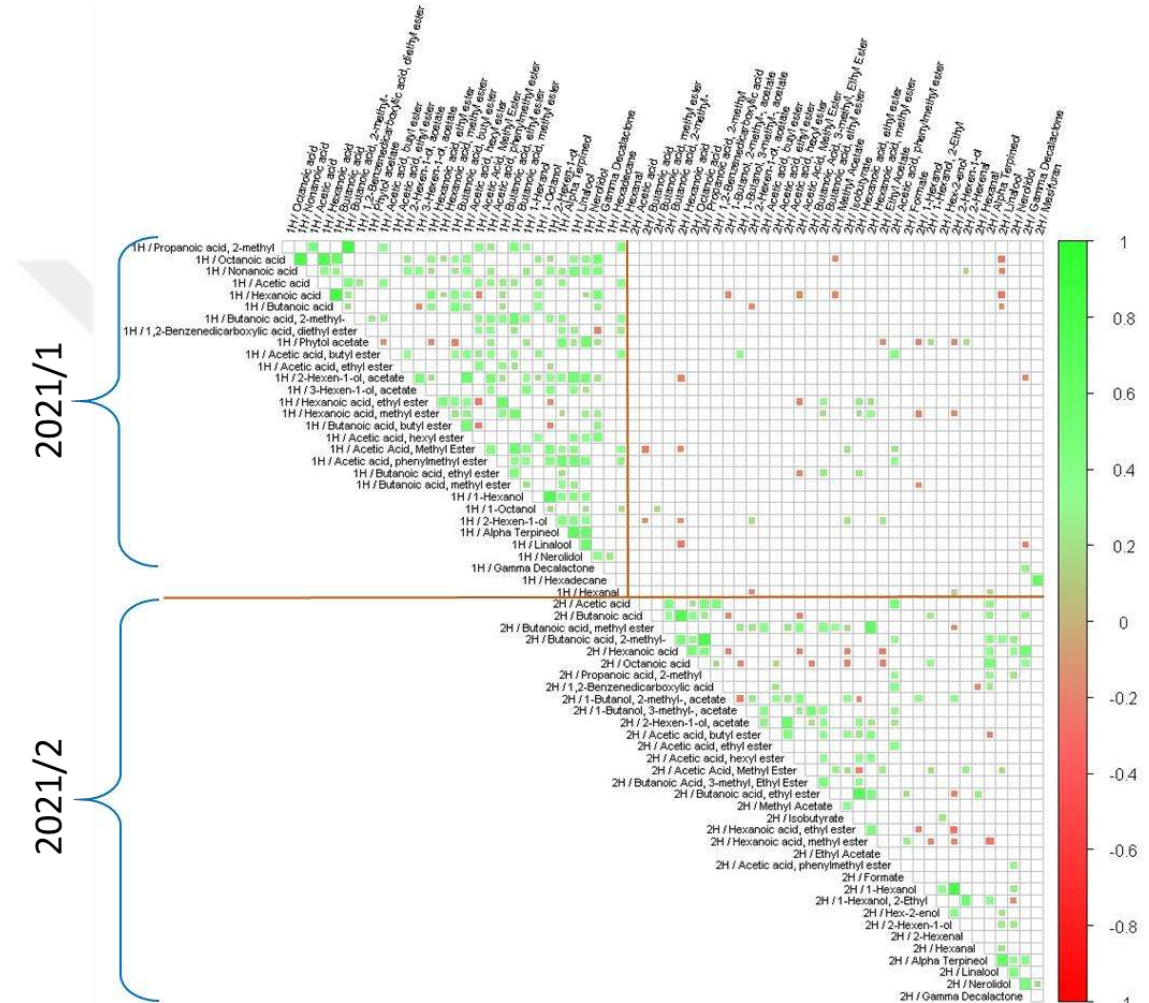
Zamorska (2022) yaptığı bir araştırmada, Ducatve, Polka ve Honey çilek çeşitlerine ait aromatik uçucuların içeriğini kromatografik yöntemleri kullanılarak toplam 49 bileşen tanımlamıştır. Zheng ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada katı faz mikro ekstraksiyon-gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (HS-SPME GC-MS) tekniği ile toplam 191 uçucu bileşik tespit etmişlerdir. Erken dönemde aldehitler ve alkoller baskınken, geç dönemde esterler baskın bulunmuş ve *F. vesca* çilek meyvelerinde olgunluk döneminde baskın bileşikler ketonlar olarak belirlendiği bildirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarda Gamma Decalactone bileşiği meyve hasatının olgunluk döneminde yapıldığını açıklamıştır.

4.2 QTL Analizleri

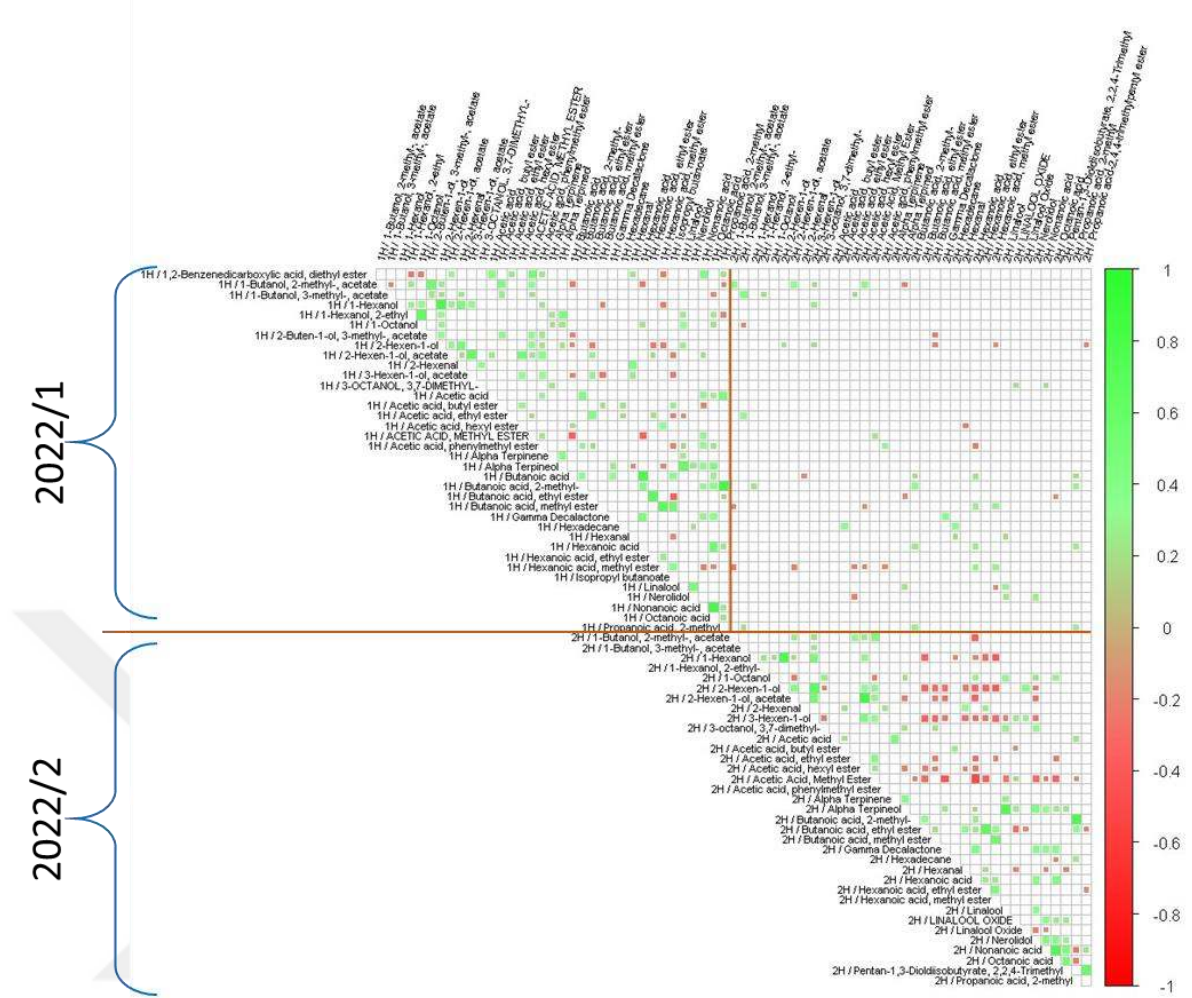
4.2.1. İncelenen Özellikler Arası PCA ve Korelasyon Analizi

F1 bireylerin toplam dört hasat boyunca aroma analizi sonucunda belirlenen alkol, ester, aldehit, keton, terpen ve asit sınıflarına ait tüm bileşiklerin aralarında farklılıklar belirlendi. Çilek ile ilgili dört hasat zamanı boyunca yapılan 50 farklı aroma karakteri arasındaki korelasyonlar Şekil 4.4’de özetlenmiştir. Küme ağ analizi farklı uçucu bileşikler arasında kurulan ilişkiyi göstermektedir (Şekil 4.2, Şekil 4.3). Bu analiz, bir arada kümelenen ve birbirleri arasındaki korelasyonun varlığını ortaya koymaktadır. Yeşil renk ile pozitif korelasyon kırmızı ile negatif korelasyon gösterilmiştir. 2021 yılı 1. hasat içerisinde toplam olası korelasyon 435, önemli

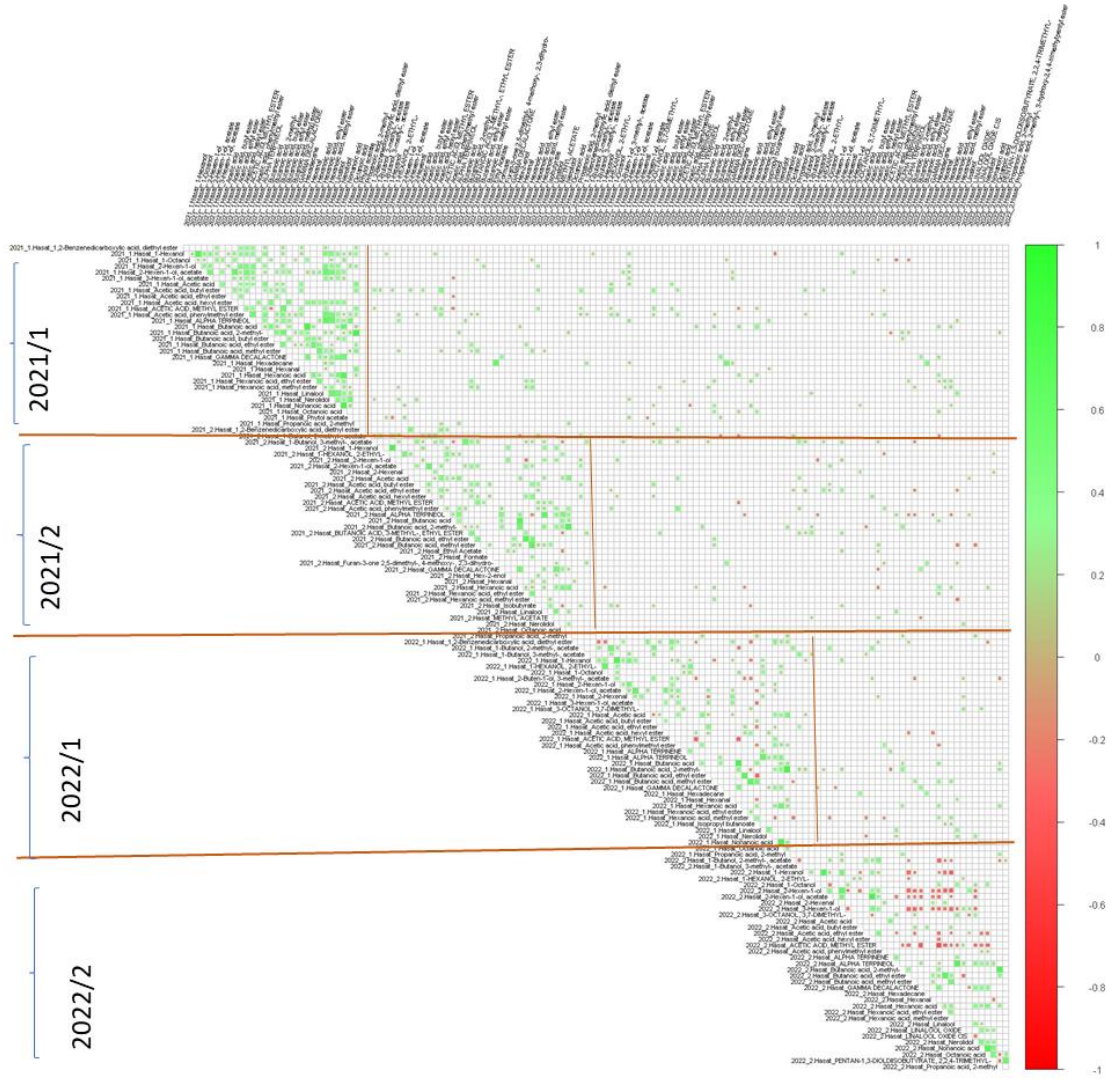
korelasyon ($p < 0.05$) 225, 2. hasat içerisinde toplam olası korelasyon 595, önemli korelasyon ($p < 0.05$) 166, 1. ve 2. hasat içinde toplam olası korelasyon 1050, önemli korelasyon ($p < 0.05$) 75 olarak bulunmuştur (Şekil 4.2). 2022 yılı 1. hasat içerisinde toplam olası korelasyon 630, önemli korelasyon ($p < 0.05$) 330, 2. hasat içerisinde toplam olası korelasyon 630, önemli korelasyon ($p < 0.05$) 340, 1. ve 2. hasat içerisinde toplam olası korelasyon 1296, önemli korelasyon ($p < 0.05$) 109 olarak bulunmuştur (Şekil 4.3).



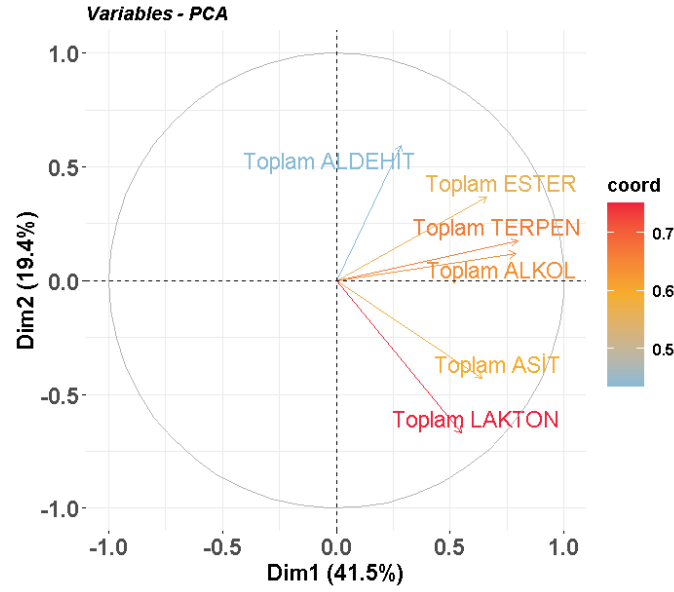
Şekil 4.2. 2021 Yılı Yetiştirme Sezonunda İki Hasat Boyunca Çilekle İlgili 28 Farklı Fenotipik Karakter Arasındaki Korelasyon Grafiği



Şekil 4.3. 2022 Yılı Yetiştirme Sezonunda İki Hasat Zamanı Boyunca Çilekle İlgili 28 Farklı Fenotipik Karakter Arasındaki Korelasyon Grafiği

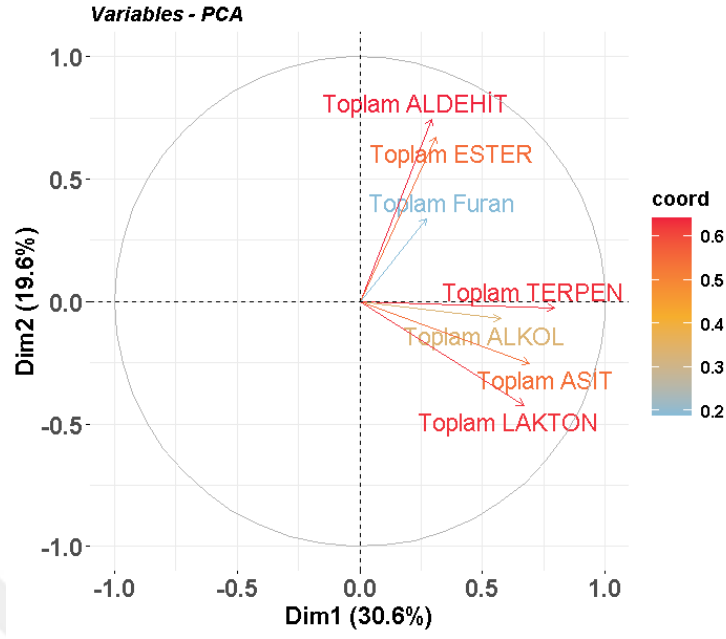


Şekil 4.4. Çilek ile İlgili Aroma Bileşiklerinin 2021-2022 Yılı Dört Hasat Zamanı Boyunca 28 Farklı Aroma Karakteri Arasındaki Korelasyon Grafiği

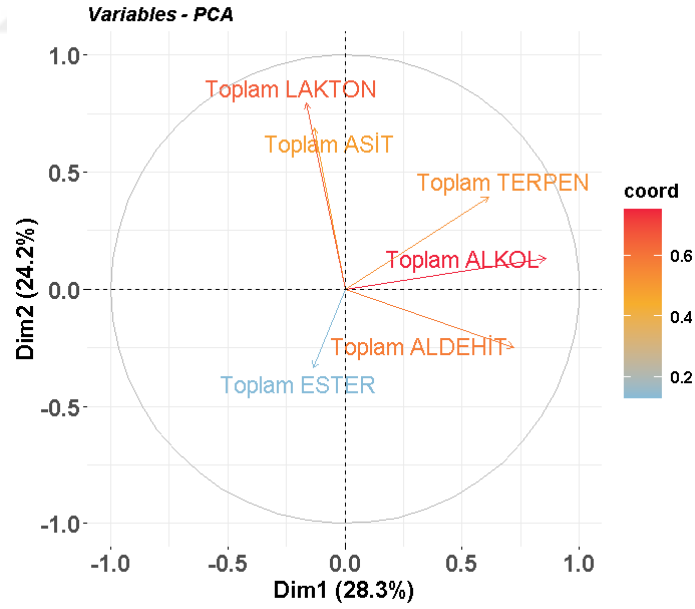


Şekil 4.5. 2021-1 Hasatı Aroma Bileşiklerin Toplamının Gruplara Göre Dağılımının Temel Bileşen Analiz Grafiği

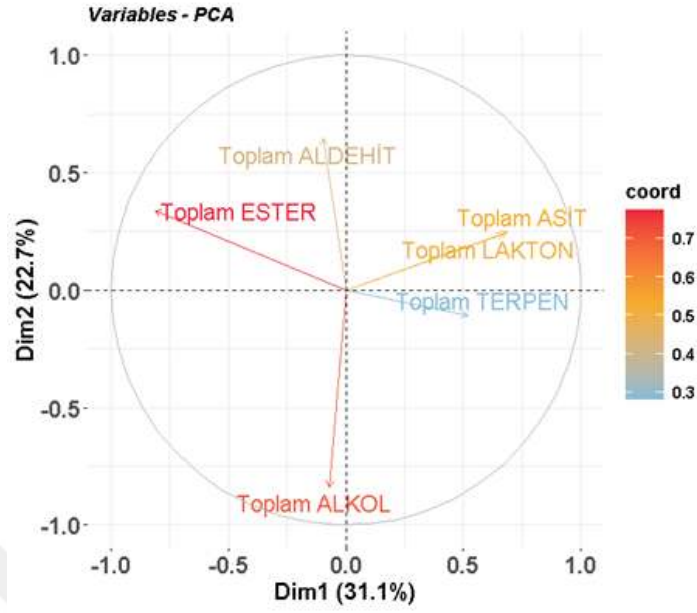
Çalışmada elde edilen aroma bileşiklerin aldehit, alkol, asit, ester, lakton, furan ve terpen grupları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla korelasyonun PCA ile tanımlanmasına ait temel koordinat düzlemine dağılımları belirlenmiştir ve analiz sonuçlarına göre 7 grup arasındaki açı gösterilmiştir. Toplam varyasyonun ilk iki temel bileşen eksenini tarafından önemli ölçüde açıklandığı görülmektedir. 2021 yılının ilk hasat döneminde belirlenen aroma bileşiklerin birinci temel bileşen eksenini, toplam varyasyonun %41.5'ini, ikinci temel bileşen eksenini ise toplam varyasyonun %19.4'ünü açıklamaktadır (Şekil. 4.5). 2021 yılının ikinci hasat döneminde belirlenen aroma bileşiklerin birinci temel bileşen eksenini, toplam varyasyonun %30.6'sını, ikinci temel bileşen eksenini ise toplam varyasyonun %19.6'sını karşılamaktadır (Şekil. 4.6). 2022 yılının ilk hasat döneminde belirlenen aroma bileşiklerin birinci temel bileşen eksenini, toplam varyasyonun %28.3'ünü, ikinci temel bileşen eksenini ise toplam varyasyonun %24.2'sini açıklamaktadır (Şekil. 4.7). 2022 yılının ikinci hasat döneminde belirlenen aroma bileşiklerin birinci temel bileşen eksenini, toplam varyasyonun %31.1, ikinci temel bileşen eksenini ise toplam varyasyonun %22.7'sini karşılamaktadır (Şekil. 4.8).



Şekil 4.6. 2021-2 Hasatı Aroma Bileşiklerinin Toplamının Gruplara Göre Dağılımının Temel Bileşen Grafiği



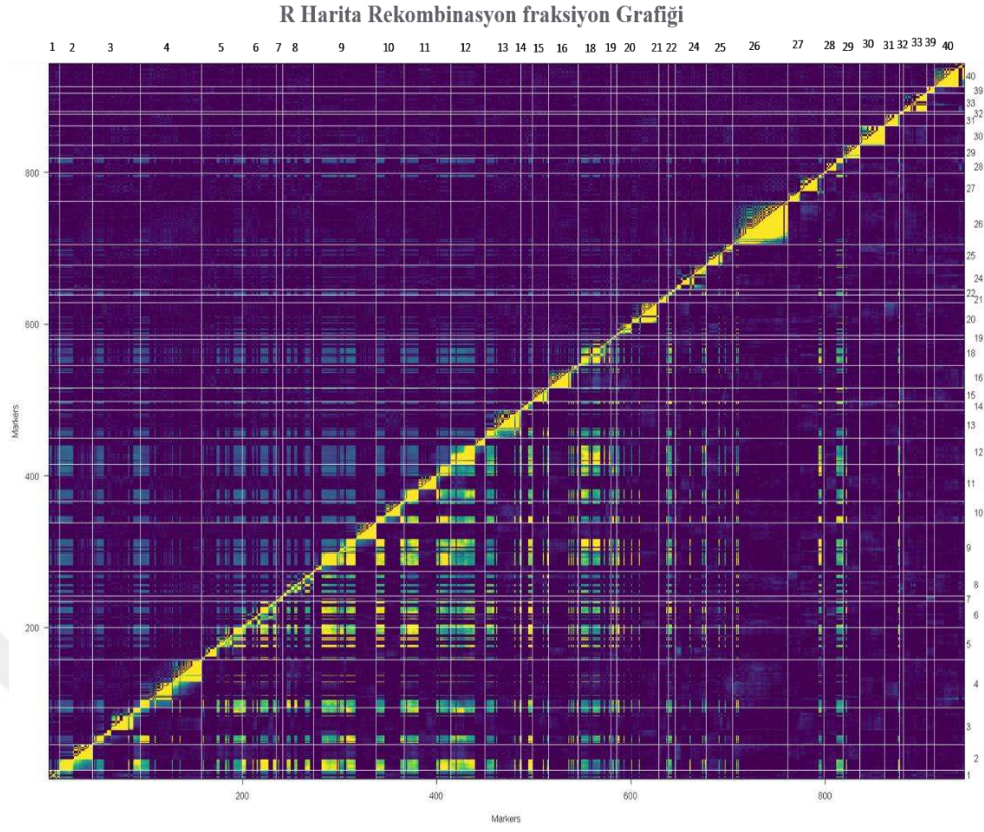
Şekil 4.7. 2022-1 Hasatı Aroma Bileşiklerinin Toplamının Gruplara Göre Dağılımının Temel Bileşen Grafiği



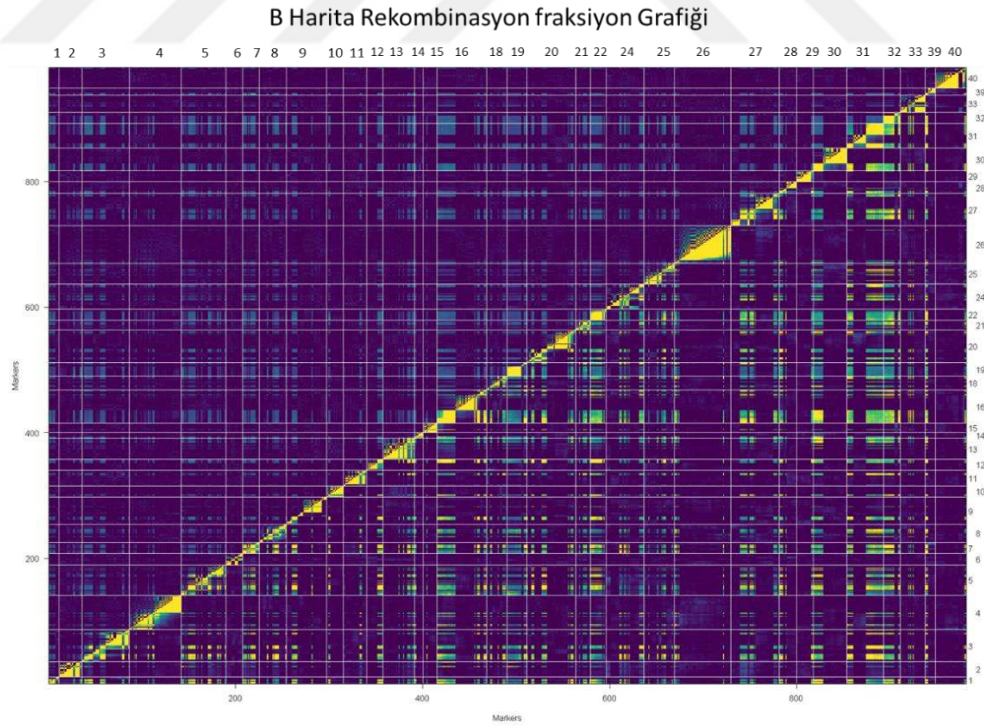
Şekil 4.8 2022-2 Hasatı Aroma Bileşiklerin Toplamının Gruplara Göre Dağılımının Temel Bileşen Grafiği

4.2.2. Ebeveyn Haritalarındaki Markör ve Bağlantı Grupları

40 tane bağlantı grubundan (LG), 33 tanesinde anlamlı markörler belirlenmiştir ve her bir bağlantı grubuna ait markör yoğunluğu gösterilmiştir. Fortuna (ana) haritasındaki markör ve bağlantı gruplarının rekombinasyon grafiği Şekil 4.9’da, Rubygem (baba) haritasındaki markör ve bağlantı gruplarının rekombinasyonu grafiği şekil 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Fortuna (Ana) Haritasındaki Markör ve LG Rekombinasyon Grafiği



Şekil 4.10. Rubygem (Baba) Haritasındaki Markör ve LG Rekombinasyon Grafiği

4.2.3. QTL Bölgelerinin Tanımlanması

Ayvaz (2022) çalışmasında Fortuna×Rubygem populasyonu genetik haritasında hk x hk ortak açılımına sahip 675 adet SNP markörü Fortuna ana haritasında ve 675 adet SNP markörü Rubygem baba haritasında kullanılmıştır. lm x ll açılımına sahip 268 adet SNP markörü Fortuna ana haritasında kullanılırken nn x np açılımına sahip 303 SNP markörü de Rubygem baba haritasında kullanılmıştır. Aynı harita verileri kullanılarak, çalışma sonucunda elde edilen aroma fenotipik sonuçları ile ilgili QTL bölgeleri belirlenmiştir.

İlk yıl iki hasat dönemi boyunca 50 farklı aroma bileşikle ilişkili 570 adet SNP lokusu ikinci yıl ise iki hasat dönemi boyunca 532 adet SNP lokusu bağlantılı bulunmuştur. İlişkili bulunan her bir QTL bölgesi için tablolar Çizelge 4.9- 4.36 arasında gösterilmiştir. Çizelgelerde her bir ilişkili lokusun adı, bulunduğu bağlantı grubu ile QTL aralıkları (cM), LOD ve Fenotipik Varyans (PV %) değerleri gösterilmiştir. LOD değerine ait grafikler Şekil 4.11- 4.61 arasında gösterilmiştir.

4.2.4. Alkol Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları

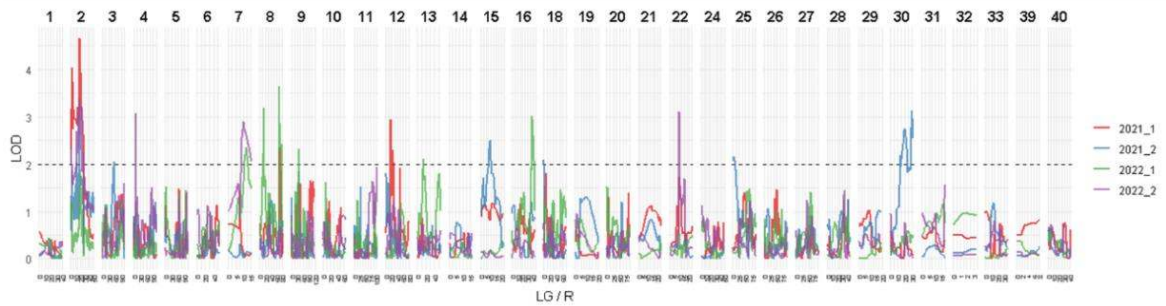
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen majör alkollerde QTL bölgeleri belirlenmiştir. İki yıl dört dönem boyunca belirlenen alkol bileşiklerin dört tanesinde QTL belirlenmiştir. Belirlenen tüm QTL'lerin LOD değerleri en düşük 2.0 olarak alındı.

Fortuna×Rubygem F1 populasyonu kullanılarak oluşturulan çilek bitkisinin meyve aroma analizinde elde edilen 1-Hexanol, alkol sınıfına ait majör bileşiklerdendir. Bu bileşiğin QTL bölgeleri Rubygem genetik haritasında LG2 ve LG7'de belirlenmiştir. 1-Hexanol bileşiğinin Fortuna genetik haritasında belirlenen QTL bölgeleri LG2, LG7, LG8'de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG7'de LOD değeri 2.69, en yakın SNP markörü m166505728 ve fenotifik varyans değeri %6 olarak belirlenirken Fortuna haritasında ise LG2'de LOD değeri 4.66, en yakın SNP markörü f123356945 ve fenotifik varyans değeri %4 olarak belirlenmiştir. (Şekil 4.11, Şekil 4.12, Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Hexanol Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

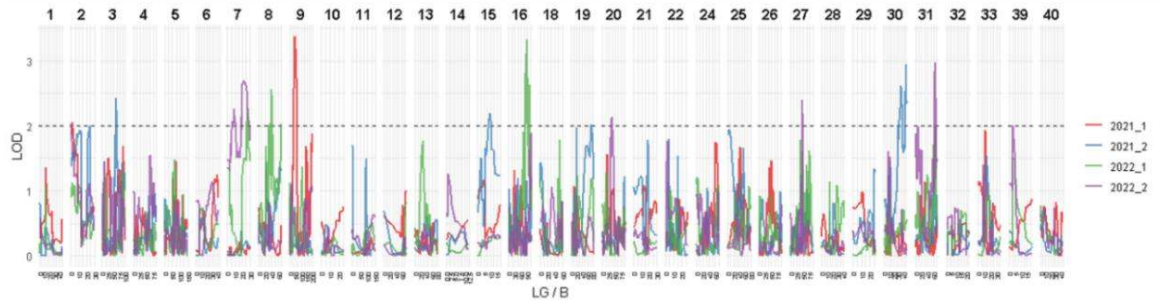
Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV (%)
2021	1.Hasat	2	1.54	02.05	s184058266	Fvb1-4	12353638	Fana_SNP	5.7
2022	1.Hasat	7	26.66	2.27	s184049603	Fvb4-4	10420022	Fana_SNP	4.5
		2	0.55	02.02	s123360030	Fvb1	12869361	iStraw35	4.8
	2.Hasat	7	21.02	2.69	m166505728	Fvb4-4	9112821	Fana_SNP	6
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	2	18.44	4.66	f123356945	Fvb1	10656537	iStraw35	4
		8	74.33	2.35	f184093835	Fvb4-3	11467682	Fana_SNP	15.1
		2	18.45	03.05	f123356945	Fvb1	10656537	iStraw35	4
2022	2.Hasat	7	11.99	2.34	s184049603	Fvb4-4	10420022	Fana_SNP	4.5
		8	71.26	3.64	f184698856	Fvb4-3	11485024	Fana_SNP	14.4
		2	18.44	3.39	f123356945	Fvb1	10656537	iStraw35	4
		7	11.99	2.89	s184049603	Fvb4-4	10420022	Fana_SNP	4.5

1 Hexanol



Şekil 4.11. 1-Hexanol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

1 Hexanol



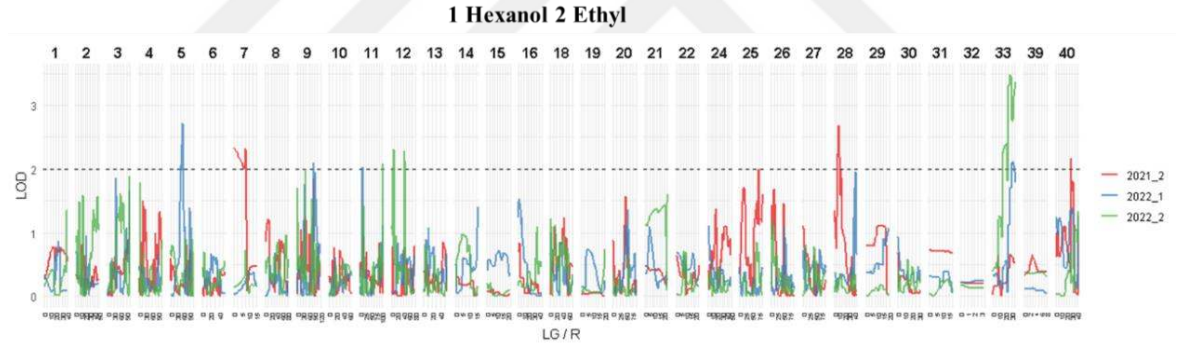
Şekil 4.12. 1-Hexanol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen 1-Hexanol 2 Ethyl bileşiğinin QTL bölgeleri hem Rubygem hem Fortuna genetik haritalarında LG33 ve LG40'da belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG33'de 3.50, en yakın SNP markörü s123363734 ve

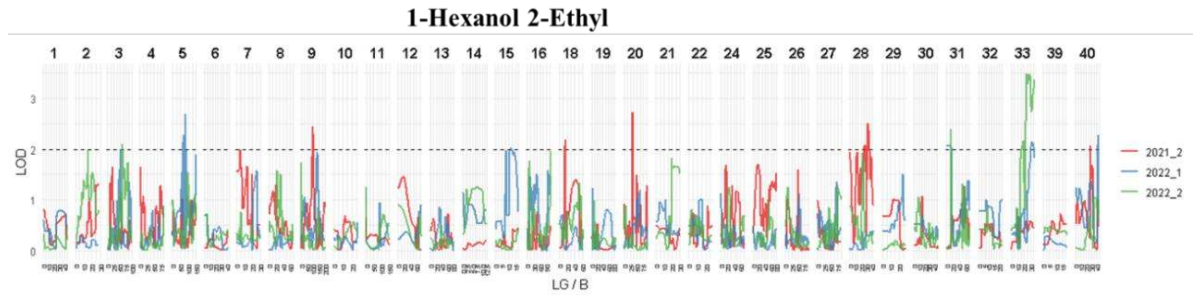
fenotiflik varyans değeri %8.4 olarak belirlenirken Fortuna haritasında ise LG33'de 3.48, en yakın SNP markörü s12336105 ve fenotiflik varyans değeri %24.2 olarak belirlenmiştir. (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Çizelge 4.11.)

Çizelge 4. 11. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Hexanol 2 Ethyl bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	2.Hasat	40	28.27	02.06	s184186719	Fvb3-2	3352665	Fana_SNP	2.0
2022	1.Hasat	33	33.6	2.14	s184217389	Fvb3-2	30926884	Fana_SNP	0.9
		40	42.7	2.27	s184248885	Fvb3-2	1277240	Fana_SNP	2.3
	2.Hasat	33	24.05	3.5	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV (%)
2021	2.Hasat	40	28.27	2.17	s184186719	Fvb3-2	3352665	Fana_SNP	2.0
2022	1.Hasat	33	33.1	2.12	s184217389	Fvb3-2	30926884	Fana_SNP	0.9
	2.Hasat	33	28.17	3.48	s123361053	Fvb3	35405870	iStraw35	24.2



Şekil 4.13. 1-Hexanol 2-Ethyl Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği



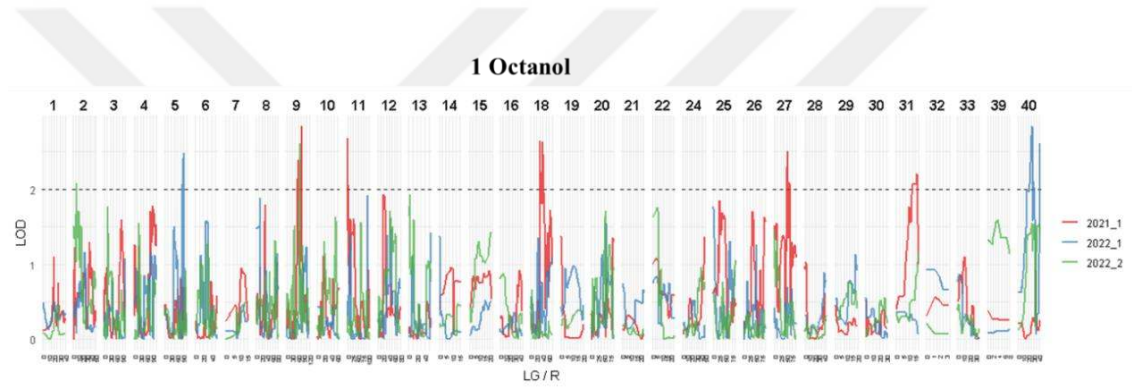
Şekil 4.14. 1-Hexanol 2-Ethyl Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen 1-Octanol bileşiğinin QTL bölgeleri hem Rubygem hem Fortuna genetik haritalarında LG9'da bulunmuştur. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG9'da 4.50, en yakın SNP markörü s123453619 ve fenotipik varyans değeri

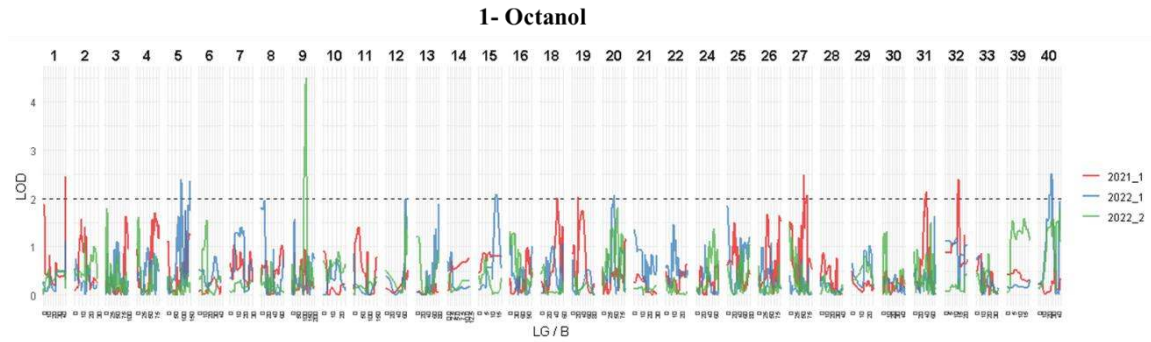
%6.3 olarak belirlenirken Fortuna haritasında ise LG9’da 2.84, en yakın SNP markörü f166527290 ve fenotipik varyans değeri %14.4 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15. Şekil 4.16. Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Octanol bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV (%)
2022	2.Hasat	9	113.76	4.5	s123453619	Fvb5-2	14114595	Fana_SNP	6.3
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV (%)
2021	1.Hasat	9	79.54	2.84	f166527290	Fvb5	12951116	iStraw35	14.4
2022	2.Hasat	9	70.65	2.61	s184073182	Fvb5-2	14595060	Fana_SNP	46.9



Şekil 4.15. 1-Octanol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

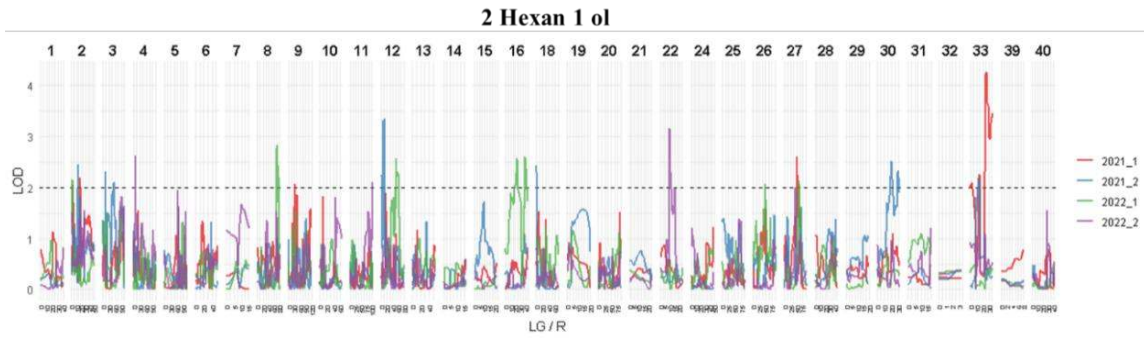


Şekil 4.16. 1-Octanol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

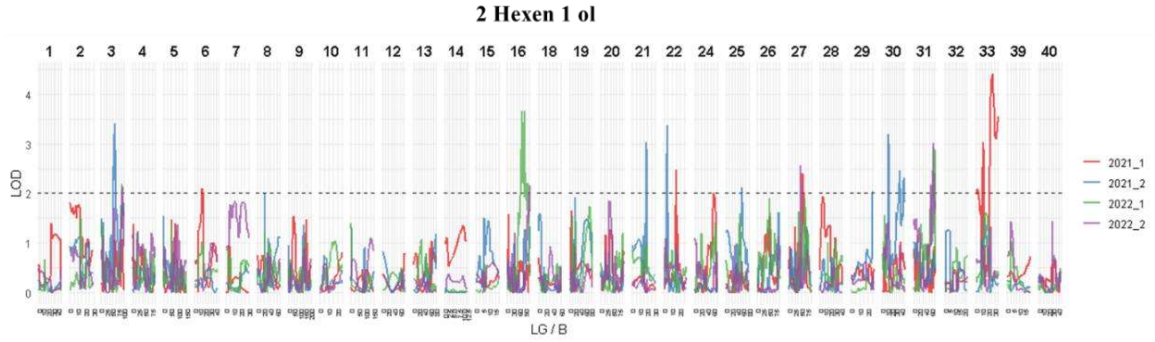
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen 2-Hexen 1-ol bileşiğinin QTL bölgeleri Rubygem genetik haritasında LG22, LG27, LG33, LG3, LG3’de bulunmuştur. Fortuna genetik haritasındaki QTL bölgeleri, LG2, LG27, LG33, LG22’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG33’de 4.41, en yakın SNP markörü s184081848ve fenotipik varyans değeri %32.5 olarak belirlenirken Fortuna haritasında ise LG33’de 4.26. en yakın SNP markörü s184081848 ve fenotipik varyans değeri %32.5 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.17. Şekil 4.18. Çizelge 4.13.).

Çizelge 4. 13. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 2-Hexen 1-ol bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV (%)
2021	1.Hasat	22	15.87	2.47	m123361276	Fvb5	4281729	iStraw35	13.3
		27	55.24	2.41	s184702999	Fvb2-1	2385422	Fana_SNP	1.1
		33	26.84	4.41	s184081848	Fvb3-2	29216200	Fana_SNP	32.5
	2.Hasat	22	4.27	3.37	m123500179	Fvb5-1	9598650	Fana_SNP	4.5
2022	1.Hasat	3	88.27	2.18	s184381951	Fvb2-2	19502035	Fana_SNP	8.1
		31	65.41	2.92	m184967147	Fvb7-3	20366909	Fana_SNP	0.3
	2.Hasat	3	93.24	2.14	s184195344	Fvb2-2	19925959	Fana_SNP	9.7
		27	46.71	2.57	m184503940	Fvb2-1	4325532	Fana_SNP	1.5
		31	65.41	03.01	m184967147	Fvb7-3	20366909	Fana_SNP	0.3
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	2	18.45	2.19	f123356945	Fvb1	10656537	iStraw35	4.0
	1.Hasat	27	52.12	2.6	s184702999	Fvb2-1	2385422	Fana_SNP	1.1
	1.Hasat	33	26.32	4.26	s184081848	Fvb3-2	29216200	Fana_SNP	32.5
	2.Hasat	2	14.73	2.45	f184124530	Fvb1-4	8975984	Fana_SNP	2.3
	2.Hasat	33	15.12	2.19	s184670893	Fvb3-2	26584968	Fana_SNP	22.2
2022	1.Hasat	2	1.86	2.15	f184852772	Fvb1-4	6933861	Fana_SNP	0.6
	2.Hasat	22	9.32	3.15	f166506636	Fvb5	2306928	iStraw35	12.5



Şekil 4.17. 2-Hexan 1-ol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği



Şekil 4.18. 2-Hexen 1-ol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

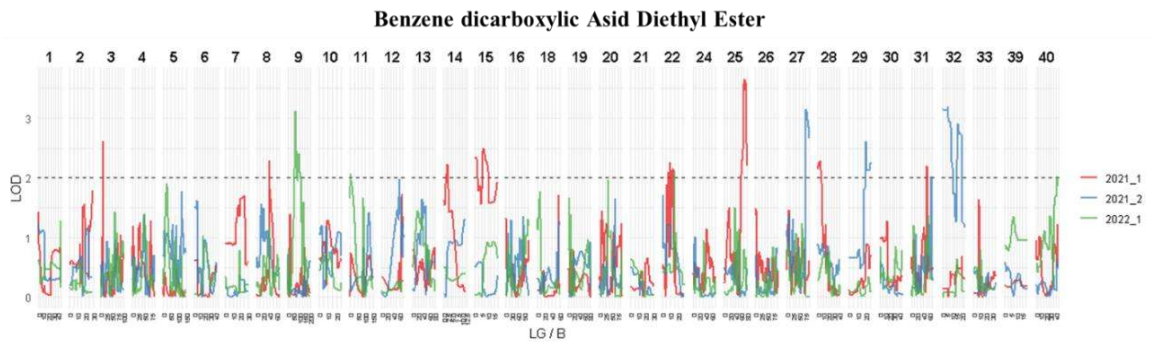
4.2.5. Ester Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen majör alkollerde QTLbölgeleri belirlenmiştir. İki yıl dört dönem boyunca belirlenen Ester bileşiklerin 13 tanesinde QTL belirlenmiştir. Belirlenen tüm QTL’lerin LOD değerleri en düşük 2.0 olarak alındı.

Fortuna X Rubygem F1 populasyonu kullanılarak oluşturulan çilek bitkisinin meyve aroma analizinde elde edilen 1.2-Benzenedicarboxylic acid diethyl bileşiği ester sınıfına aittir. Bu bileşiğin QTL bölgeleri Rubygem genetik haritasında LG22 ve LG31’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG22’de 2.27, en yakın SNP markörü m184262614 ve fenotipik varyans değeri %5 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.19. Şekil 4.20. Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.14. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1.2-Benzenedicarboxylic acid diethyl ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	22	9.77	2.27	m184262614	Fvb5-1	8730535	Fana_SNP	5.0
		31	51.98	2.19	m184057718	Fvb7-3	12116754	Fana_SNP	20.1
	2.Hasat	31	67.26	02.02	m123364522	Fvb7	4517736	iStraw35	0.3
2022	1.Hasat	22	15.87	2.11	m123361276	Fvb5	4281729	iStraw35	13.3

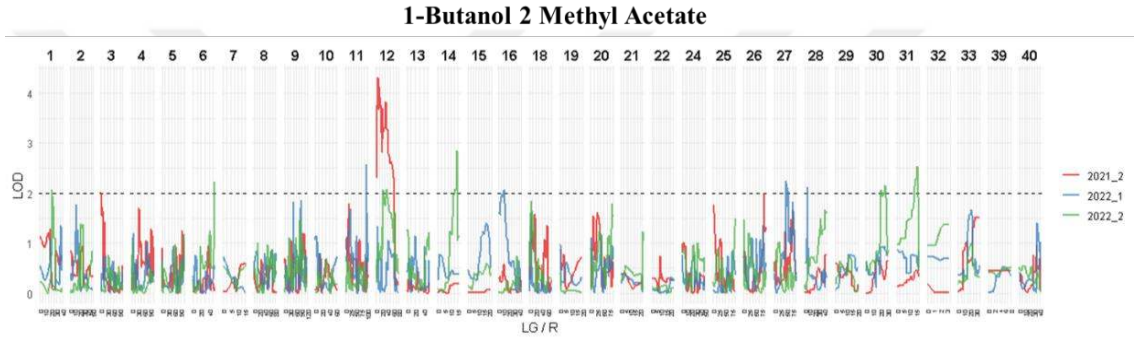


Şekil 4.19. 1-2 Benzene Dicarboxylic Acid Diethyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen 1-Butanol 2-methyl acetate bileşiğinin QTL bölgesi Fortuna genetik haritasında LG12’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri 4.31, en yakın SNP markörü f123363199 ve fenotipik varyans değeri %2.7 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.20, Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Butanol 2-methyl acetate Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Fortuna									
YIL	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	2.Hasat	12	6.62	4.31	f123363199	Fvb7	22698948	iStraw35	2.7
2022	2.Hasat	12	23.62	02.07	f166508724	Fvb7	20686142	iStraw35	0.9

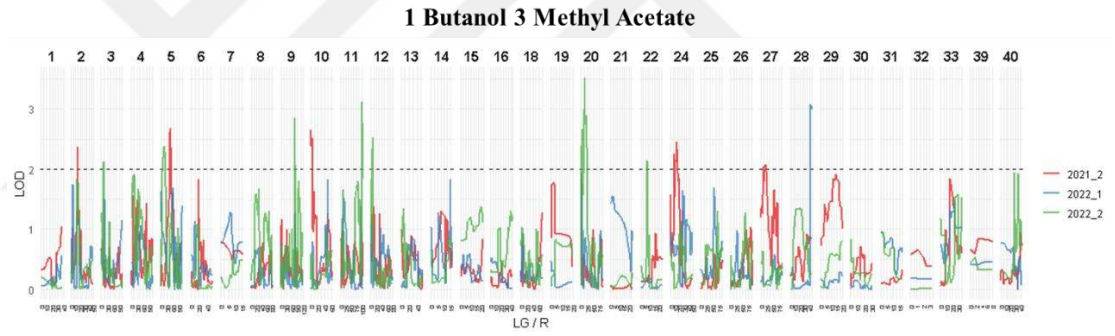


Şekil 4.20 1-Butanol 2-Methyl Acetate Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

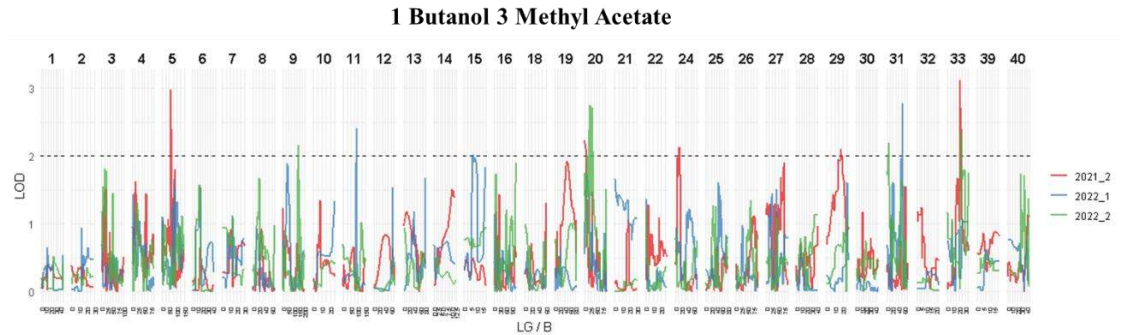
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen 1-Butanol 3-methyl acetate bileşiğinin QTL bölgeleri, Rubygem genetik haritasında LG20, LG33, LG11’de belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG11 ve LG20’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG33’te 3.12, en yakın SNP markörü m184304843 ve fenotipik varyans değeri %27.7 olarak belirlenirken Fortuna haritasında LG20’de 3.52, en yakın SNP markörü f184848495 ve fenotipik varyans değeri %6.6 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.21, Şekil 4.22. Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.16. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 1-Butanol 3-methyl acetate Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	2.Hasat	20	0.29	2.22	m184476559	Fvb2-3	3246900	Fana_SNP	2.3
	2.Hasat	33	20.56	3.12	m184304843	Fvb3-2	28693300	Fana_SNP	27.7
	2.Hasat	33	20.56	3.12	m184304843	Fvb3-2	28693300	Fana_SNP	27.7
	2.Hasat	20	22.05	2.75	s184080998	Fvb2-3	909824	Fana_SNP	7.6
	2.Hasat	20	22.05	2.75	s184080998	Fvb2-3	909824	Fana_SNP	7.6
	2.Hasat	33	24.05	2.37	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
	2.Hasat	33	24.05	2.37	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
	2.Hasat	20	15.35	3.52	f184848495	Fvb2-3	817432	Fana_SNP	6.6
	2.Hasat	20	15.35	3.52	f184848495	Fvb2-3	817432	Fana_SNP	6.6



Şekil 4.21. 1- Butanol 3-Methyl Acetate Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği



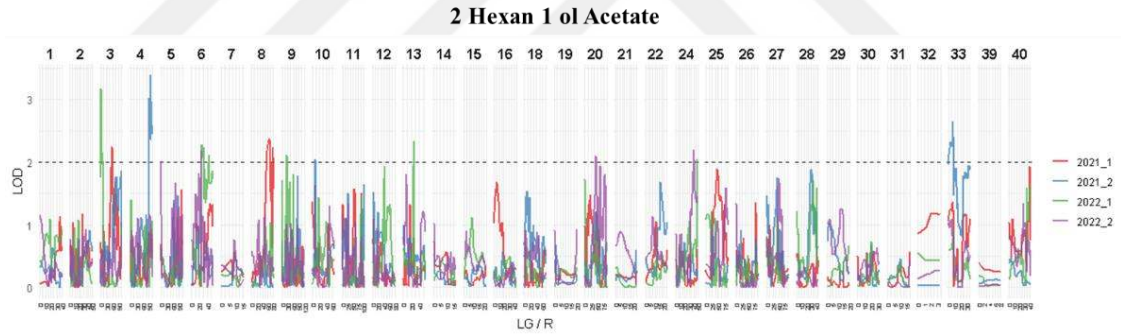
Şekil 4.22. 1-Butanol 3-Methyl Acetate Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen 2-Hexen 1-ol acetate bileşiği ester sınıfına aittir. Bu bileşiğin QTL bölgeleri, hem Rubygem hem Fortuna genetik haritasında LG3, LG6, LG24'te belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG3'te 3.05, en yakın SNP markörü s184070945 ve fenotipik varyans değeri %6.2 olarak belirlenirken Fortuna

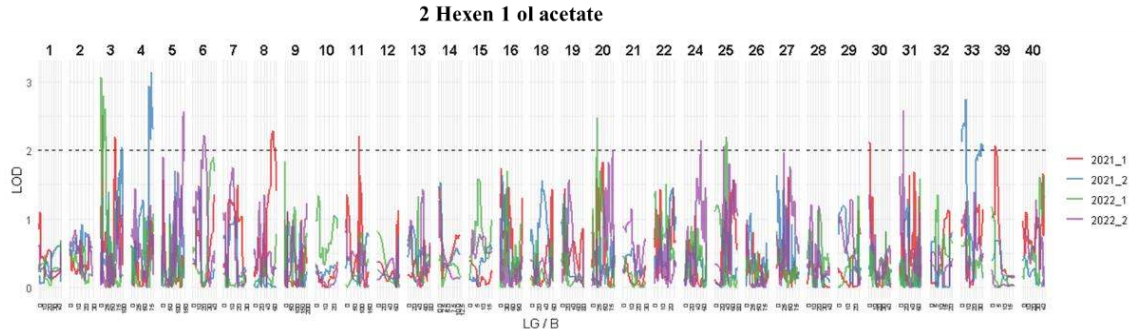
haritasında LG3'de 3.17, en yakın SNP markörü f184291352 ve fenotipik varyans değeri %5.5 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.23. Şekil 4.24. Çizelge 4.17.).

Çizelge 4. 17. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda 2-Hexen 1-ol acetate Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	3	8.78	2.51	m184530193	Fvb2-1	23580951	Fana_SNP	20.0
2022	1.Hasat	3	5.46	03.05	s184070945	Fvb2-1	23842585	Fana_SNP	6.2
	2.Hasat	6	21.39	2.22	s184251409	Fvb4-4	9740799	Fana_SNP	6.6
	2.Hasat	24	52.69	2.14	s184400373	Fvb6-4	32726944	Fana_SNP	25.7
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2022	1.Hasat	3	4.19	3.17	f184291352	Fvb2-1	23486066	Fana_SNP	5.5
	1.Hasat	6	26.58	2.27	f123358131	Fvb4	22266289	iStraw35	10.2
	1.Hasat	24	48.77	02.05	f166525427	Fvb6	36167144	iStraw35	9.5
	2.Hasat	6	25.33	2.18	s184251409	Fvb4-4	9740799	Fana_SNP	6.6
	2.Hasat	24	40.48	2.19	s184400373	Fvb6-4	32726944	Fana_SNP	25.7



Şekil 4.23. 2-Hexen 1-ol Acetate Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği



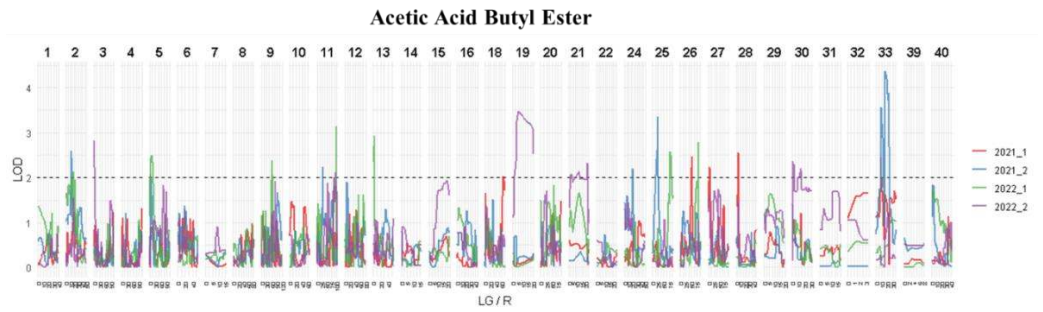
Şekil 4.24. 2-Hexen 1-ol Acetate Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Acetic Acid Butyl Ester Bileşiği ester sınıfına aittir. Bu bileşiğin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında LG33, LG5, LG30, LG9,

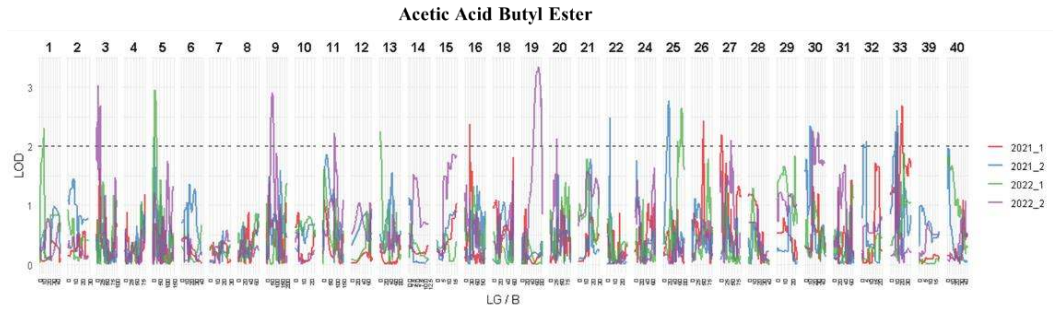
LG11’de belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG33, LG2, LG5, LG11, LG9, LG30’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG5’de 2.95, en yakın SNP markörü s166512534 ve fenotipik varyans değeri %3.7 olarak belirlenirken Fortuna haritasında LG33’te 4.36. en yakın SNP markörü s166504462 ve fenotipik varyans değeri %10.8 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.25. Şekil 4.26. Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.18. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Butyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	33	20.56	2.69	m184304843	Fvb3-2	28693300	Fana_SNP	27.7
	2.Hasat	5	9.88	2.15	s166512534	Fvb3	32902093	iStraw35	3.7
	2.Hasat	30	11.63	2.35	m166506183	Fvb5	8865630	iStraw35	3.0
	2.Hasat	33	11.86	2.61	s184670893	Fvb3-2	26584968	Fana_SNP	22.2
2022	1.Hasat	5	5.09	2.95	s166512534	Fvb3	32902093	iStraw35	3.7
	2.Hasat	11	84.87	2.23	s166524788	Fvb6	14877306	iStraw35	2.2
	2.Hasat	30	17.43	2.26	s123365966	Fvb5	17854117	iStraw35	4.6
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	33	9.22	2.45	s166512807	-	-	iStraw35	21.7
	2.Hasat	2	12.9	2.58	f184465000	Fvb1-2	11007882	Fana_SNP	1.9
	2.Hasat	5	9.87	2.05	s166512534	Fvb3	32902093	iStraw35	3.7
	2.Hasat	33	16.68	4.36	s166504462	Fvb3	33044350	iStraw35	10.8
2022	1.Hasat	2	18.44	2.13	f123356945	Fvb1	10656537	iStraw35	4.0
	1.Hasat	5	5.09	2.48	s166512534	Fvb3	32902093	iStraw35	3.7
	1.Hasat	11	97.57	3.13	f184713473	Fvb6-3	41383463	Fana_SNP	5.1
	2.Hasat	11	96.33	2.11	f184749697	Fvb6-3	41620810	Fana_SNP	5.6
	2.Hasat	30	1.32	2.35	s123365966	Fvb5	17854117	iStraw35	4.6



Şekil 4.25. Acetic Acid Butl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

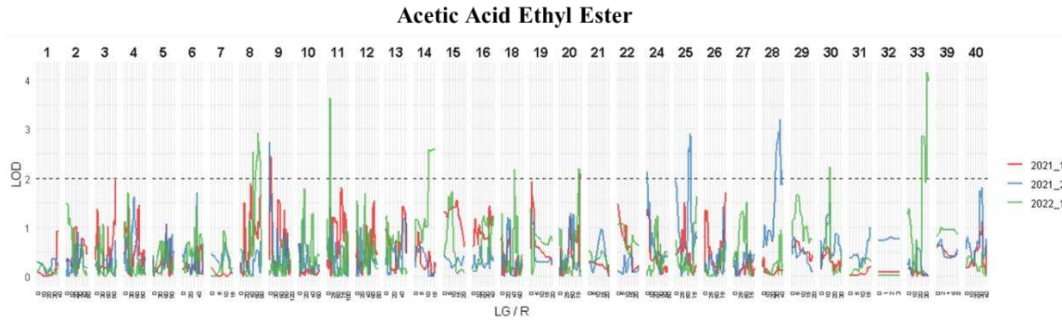


Şekil 4. 26. Acetic Acid Butyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

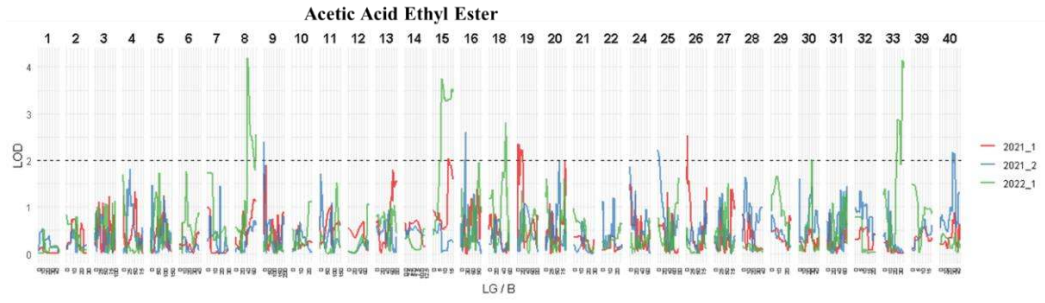
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Acetic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında LG15 ve LG9’da belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG9 ve LG20’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG15’te 3.74, en yakın SNP markörü s123362814 ve fenotipik varyans değeri %22.7 olarak belirlenirken Fortuna haritasında LG9’da 2.73, en yakın SNP markörü s184073411 ve fenotipik varyans değeri %29.2 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.27, Şekil 4.28. Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Ethyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	15	13.41	2.03	s184320383	Fvb6-1	2991186	Fana_SNP	13.0
	2.Hasat	9	0.24	2.39	s184073411	Fvb5-3	25743184	Fana_SNP	29.2
2022	1.Hasat	15	8.49	3.74	s123362814	Fvb6	37986474	iStraw35	22.7
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	9	7.77	2.45	s184408977	Fvb5-3	22764127	Fana_SNP	22.4
	1.Hasat	20	91.02	2.09	s184066813	Fvb2-3	23145541	Fana_SNP	6.9
	2.Hasat	9	0.24	2.73	s184073411	Fvb5-3	25743184	Fana_SNP	29.2
2022	1.Hasat	20	78.08	2.19	s184646415	Fvb2-3	21036098	Fana_SNP	3.6



Şekil 4.27. Acetic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

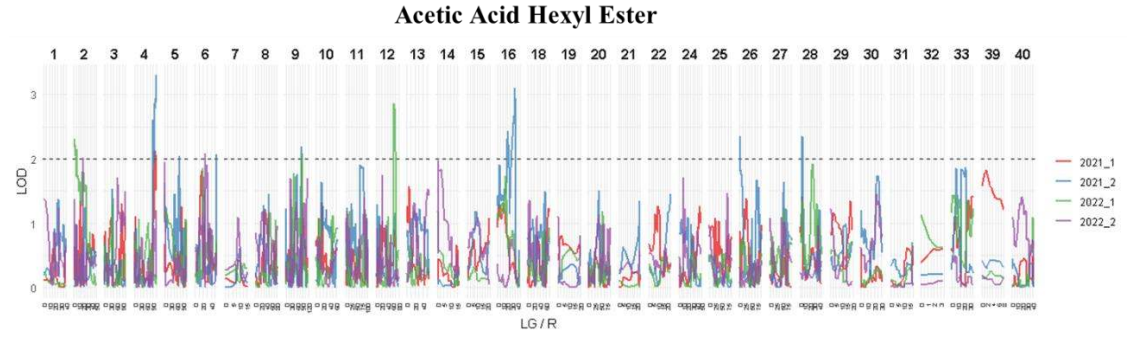


Şekil 4. 28. Acetic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

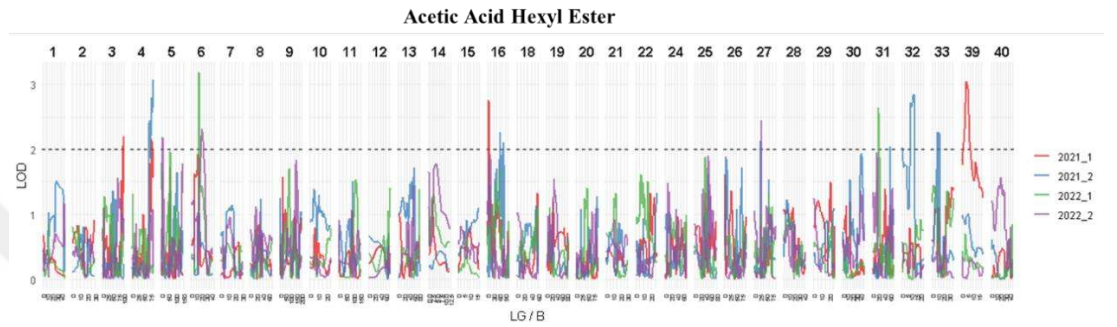
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Acetic Acid Hexyl Ester Bileşiğinin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında LG4, LG27, LG6’da belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG4 ve LG9’da belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG6’da 3.19, en yakın SNP markörü s123367088 ve fenotipik varyans değeri %6.6 olarak belirlenirken Fortuna haritasında LG4’te 3.30, en yakın SNP markörü s184167827 ve fenotipik varyans değeri %13.5 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.29. Şekil 4.30. Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.20. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Hexyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	4	79.53	2.16	s184178317	Fvb3-4	26857299	Fana_SNP	13.1
	2.Hasat	4	84.75	3.07	s184167827	Fvb3-2	2101579	Fana_SNP	13.5
	2.Hasat	27	25.95	2.14	m184257923	Fvb2-1	10582495	Fana_SNP	6.7
2022	1.Hasat	6	22.85	3.19	s123367088	Fvb4	24757816	iStraw35	6.6
	2.Hasat	6	21.39	2.31	s184251409	Fvb4-4	9740799	Fana_SNP	6.6
	2.Hasat	27	30.84	2.44	m184871148	Fvb2-4	12934780	Fana_SNP	4.4
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	4	79.53	2.13	s184178317	Fvb3-4	26857299	Fana_SNP	13.1
	2.Hasat	4	104.64	3.3	s184167827	Fvb3-2	2101579	Fana_SNP	13.5
	2.Hasat	9	85.02	2.19	f184152660	Fvb5-2	11125683	Fana_SNP	29.4
2022	1.Hasat	9	88.73	2.08	f184658321	Fvb5-2	10976627	Fana_SNP	25.7



Şekil 4.29. Acetic Acid Hexyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

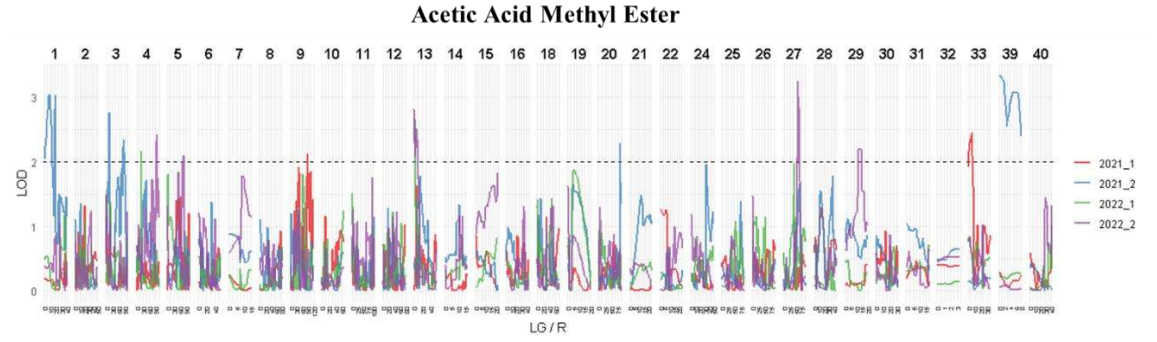


Şekil 4.30. Acetic Acid Hexyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

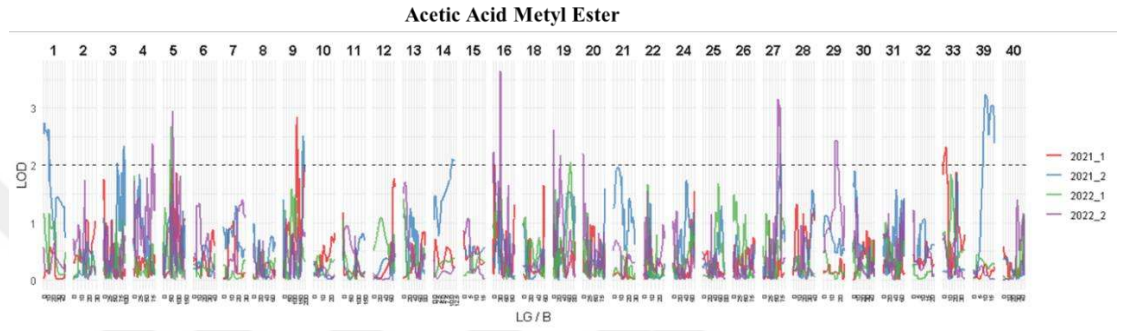
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Acetic Acid Methyl Ester bileşiğinin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında. LG27, LG5'te belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG13'de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG27'de 3.16, en yakın SNP markörü s184140436 ve fenotipik varyans değeri %0.5 olarak belirlenirken Fortuna haritasında LG13'te 2.82, en yakın SNP markörü f123550204 ve fenotipik varyans değeri %6.5 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.31. Şekil 4.32. Çizelge 4.21.).

Çizelge 4.21. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Methyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	2.Hasat	27	66.55	2.2	s184456160	Fvb2-1	20069288	Fana_SNP	1.9
2022	1.Hasat	5	51.05	2.67	m166519683	Fvb3	36389018	iStraw35	20.7
		5	65.19	2.95	s184338164	Fvb3-1	4561714	Fana_SNP	5.7
	2.Hasat	27	62.61	3.16	s184140436	Fvb2-1	18718154	Fana_SNP	0.5
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2022	1.Hasat	13	2.24	2.66	f184233353	Fvb7-1	9507940	Fana_SNP	5.8
	2.Hasat	13	0.91	2.82	f123550204	Fvb7-1	8818172	Fana_SNP	6.5



Şekil 4.31. Acetic Acid Methyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

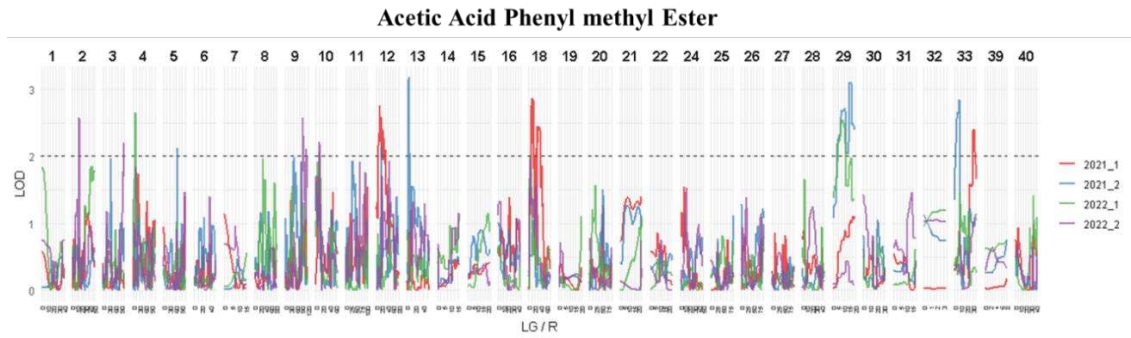


Şekil 4.32. Acetic Acid Metyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

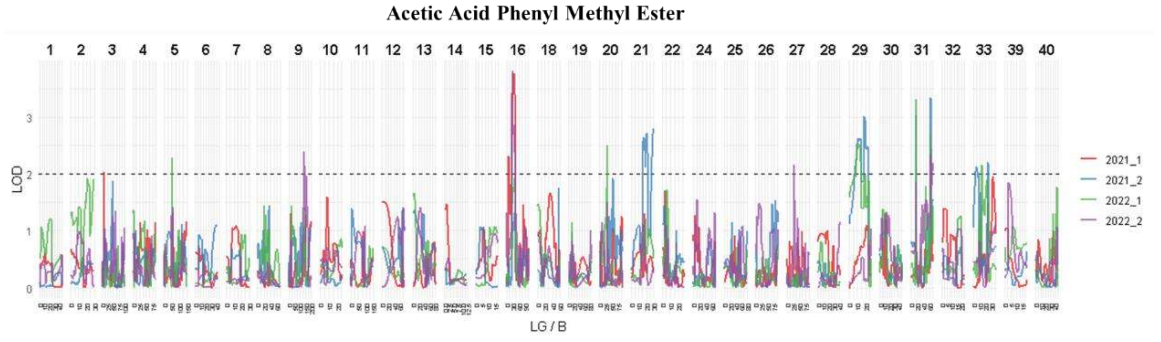
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Acetic Acid Phenylmethyl Ester bileşiğinin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında LG16, LG31, LG29, LG33'te belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG12, LG33, LG29, LG10'da belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG16'da 3.81, en yakın SNP markörü m184242345 ve fenotipik varyans değeri %0.1 olarak belirlenirken Fortuna haritasında LG29'da 3.1, en yakın SNP markörü s184281005 ve fenotipik varyans değeri %2.9, olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.33. Şekil 4.34. Çizelge 4.22.).

Çizelge 4.22. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic Acid Phenylmethyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
		16	32.25	3.77	m184083735	Fvb6-1	13954819	Fana_SNP	0.5
	2.Hasat	16	26.15	2.55	m184231551	Fvb6-1	13290467	Fana_SNP	0.1
		29	18.28	3.02	s184281005	Fvb2-4	6363794	Fana_SNP	2.9
		31	65.41	3.33	m184967147	Fvb7-3	20366909	Fana_SNP	0.3
		33	24.05	2.2	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
		16	26.15	2.32	m184231551	Fvb6-1	13290467	Fana_SNP	0.1
		29	11.53	2.52	s184141205	Fvb2-4	3322384	Fana_SNP	1.4
		33	16.67	2.15	s166504462	Fvb3	33044350	iStraw35	10.8
	2.Hasat	16	29.81	3.81	m184242345	Fvb6-1	13554285	Fana_SNP	0.1
		31	63.57	2.32	m123358007	Fvb4	15543612	iStraw35	0.1
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	12	12.62	2.75	f184155566	Fvb7-2	31632125	Fana_SNP	2.4
		33	32.18	2.4	s166517853	-	-	iStraw35	0.9
		12	18.62	2.13	f166517211	-	-	iStraw35	2.7
		29	15.08	3.1	s184281005	Fvb2-4	6363794	Fana_SNP	2.9
		33	7.67	2.85	s184071841	Fvb3-2	22910518	Fana_SNP	25.6
2022	1.Hasat	10	9.95	2.06	f184052989	Fvb5-1	12752563	Fana_SNP	6.1
		29	8.33	2.53	s184141205	Fvb2-4	3322384	Fana_SNP	1.4
		10	11.79	2.21	f184607909	Fvb5-1	13525855	Fana_SNP	5.7



Şekil 4.33. Acetic Acid Phenyl Methyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

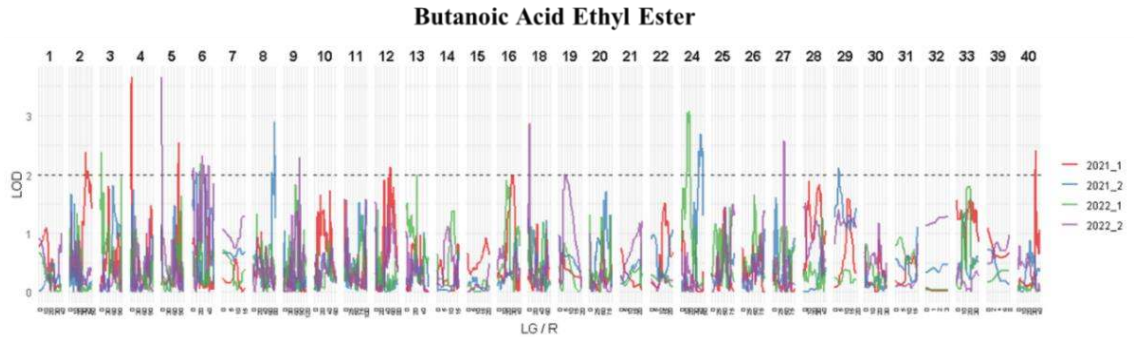


Şekil 4.34. Acetic Acid Phenyl Methyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

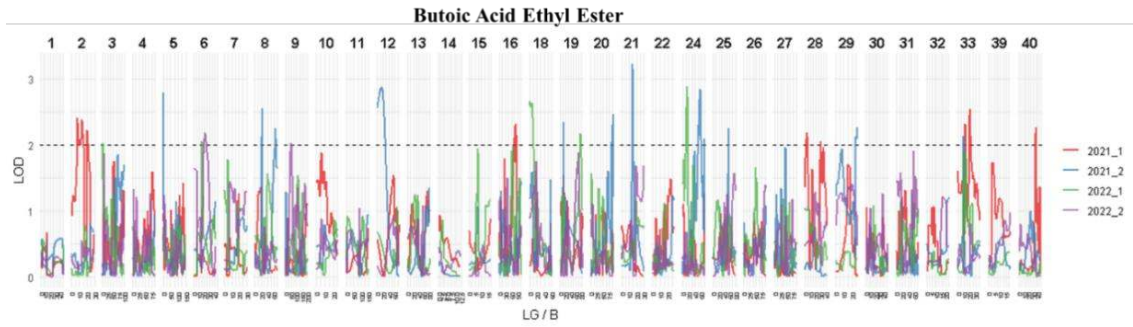
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Butanoic Acid Ethyl Ester Bileşiği ester sınıfına aittir. Bu bileşiğin QTL bölgeleri, hem Rubygem hem Fortuna genetik haritasında LG6'da belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri hem Rubygem hem Fortuna haritasında LG6'da 2.31, en yakın SNP markörü s184251409 ve fenotipik varyans değeri %6.6 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.35, Şekil 4.36, Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Butanoic Acid Ethyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2022	1.Hasat	6	16.00	2.04	s123367088	Fvb4	24757816	iStraw35	6.6
2022	2.Hasat	6	21.39	2.18	s184251409	Fvb4-4	9740799	Fana_SNP	6.6
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2022	2.Hasat	6	25.33	2.31	s184251409	Fvb4-4	9740799	Fana_SNP	6.6
2021	2.Hasat	6	11.59	2.04	s184041058	Fvb4-1	15459204	Fana_SNP	6.4
2022	1.Hasat	6	21.00	2.18	s123367088	Fvb4	24757816	iStraw35	6.6



Şekil 4. 35. Butanoic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

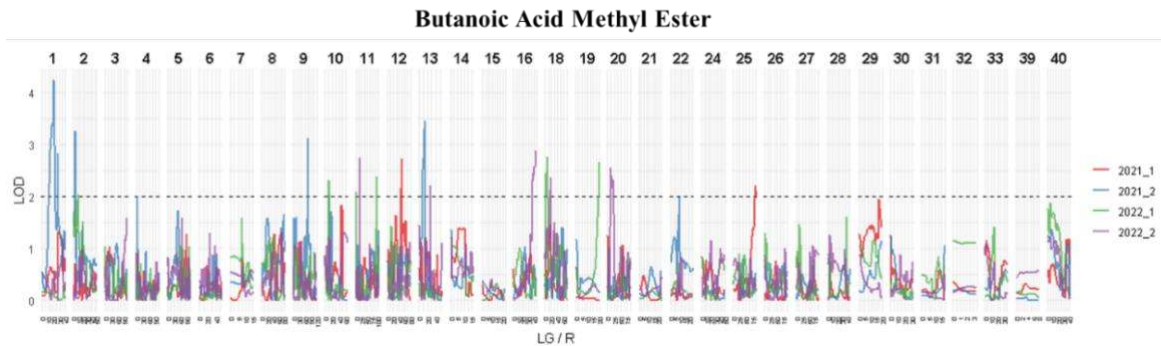


Şekil 4.36. Butanoic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Butanoic Acid Methyl Ester Bileşiğinin QTL bölgeleri, yalnızca Fortuna genetik haritasında LG2 ve LG10’da belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG2’de 3.27, en yakın SNP markörü f184380313 ve fenotipik varyans değeri %0.1 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.37, Çizelge 4.24).

Çizelge 4. 24. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Butanoic Acid Methyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	2.Hasat	2	4.00	3.27	f184380313	Fvb1-2	9620489	Fana_SNP	0.1
2022	1.Hasat	2	11.00	2.04	f123367440	-	-	iStraw35	1.9
2022	1.Hasat	10	11.80	2.32	f184607909	Fvb5-1	13525855	Fana_SNP	5.7
2021	2.Hasat	10	12.00	02.04	f184607909	Fvb5-1	13525855	Fana_SNP	5.7

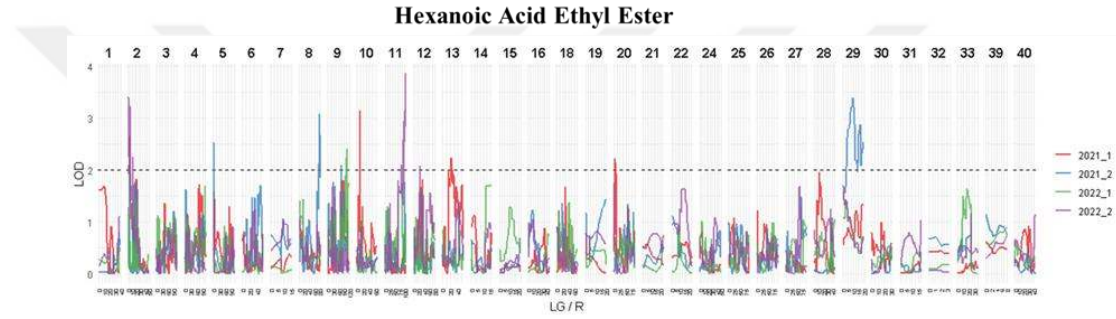


Şekil 4.37. Butanoic Acid Methyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

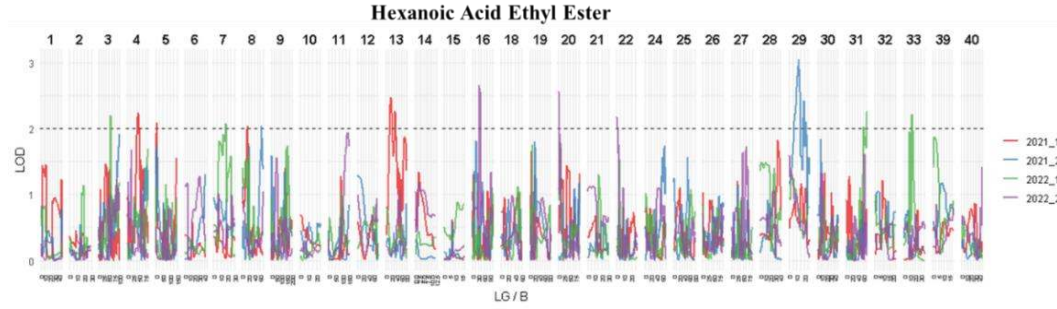
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Hexanoic Acid Ethyl Ester bileşiğinin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında LG20’de belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG2 ve LG20’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG20’de 2.56 en yakın SNP markörü m184476559 ve fenotipik varyans değeri %2.3 olarak belirlenirken Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG2’de 3.41 en yakın SNP markörü f184852772 ve fenotipik varyans değeri %0.6 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.38, Şekil 4.39, Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexanoic Acid Ethyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2022	2.Hasat	20	0	2.56	m184476559	Fvb2-3	3246900	Fana_SNP	2.3
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	2	4.35	2.65	f184380313	Fvb1-2	9620489	Fana_SNP	0.1
		20	4.28	2.21	s184476583	Fvb2-3	5196664	Fana_SNP	3.3
	2	2	4.35	2.13	f184380313	Fvb1-2	9620489	Fana_SNP	0.1
		2	1.86	3.41	f184852772	Fvb1-4	6933861	Fana_SNP	0.6



Şekil 4.38. Hexanoic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

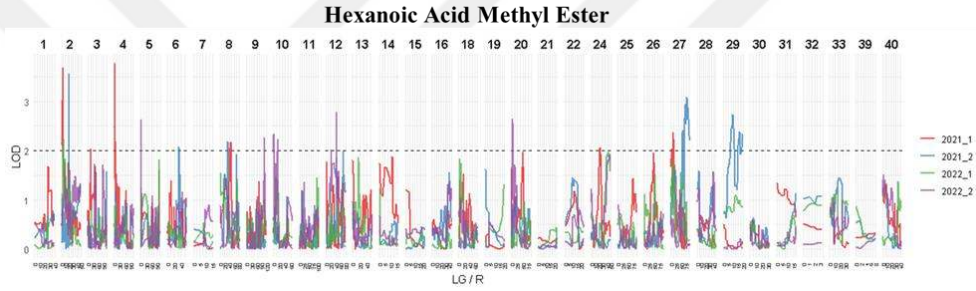


Şekil 4.39. Hexanoic Acid Ethyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

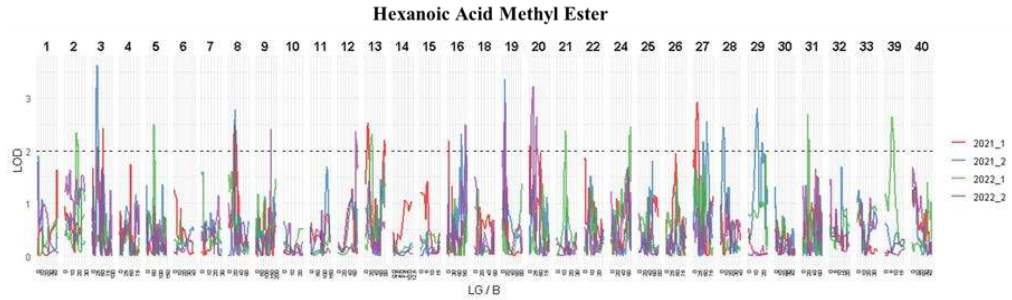
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Hexanoic Acid Methyl Ester bileşiği ester sınıfına aittir. Bu bileşiğin QTL bölgeleri, Rubygem genetik haritasında LG8 ve LG19’da belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG2’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG19’da 3.36, en yakın SNP markörü m184402874 ve fenotipik varyans değeri %2.9 olarak belirlenirken Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG2’de 3.69, en yakın SNP markörü f184380313 ve fenotipik varyans değeri %0.1 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.40, Şekil 4.41, Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexanoic Acid Methyl Ester Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	8	23.74	2.48	m166514035	Fvb4	8185634	iStraw35	4.9
		8	23.74	2.79	m166514035	Fvb4	8185634	iStraw35	4.9
		19	11.73	3.36	m184402874	Fvb1-4	3722510	Fana_SNP	2.9
2022	2.Hasat	19	16.06	2.92	m166502928	Fvb1	3838466	iStraw35	3.9
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021		2	4.35	3.69	f184380313	Fvb1-2	9620489	Fana_SNP	0.1
	1.Hasat	2	6.79	2.23	f166509495	-	-	iStraw35	0.2
2022	2.Hasat	20	4.28	2.64	s184476583	Fvb2-3	5196664	Fana_SNP	3.3



Şekil 4.40. Hexanoic Acid Methyl Ester Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği



Şekil 4.41. Hexanoic Acid Methyl Ester Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

4.2.6. Terpen Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları

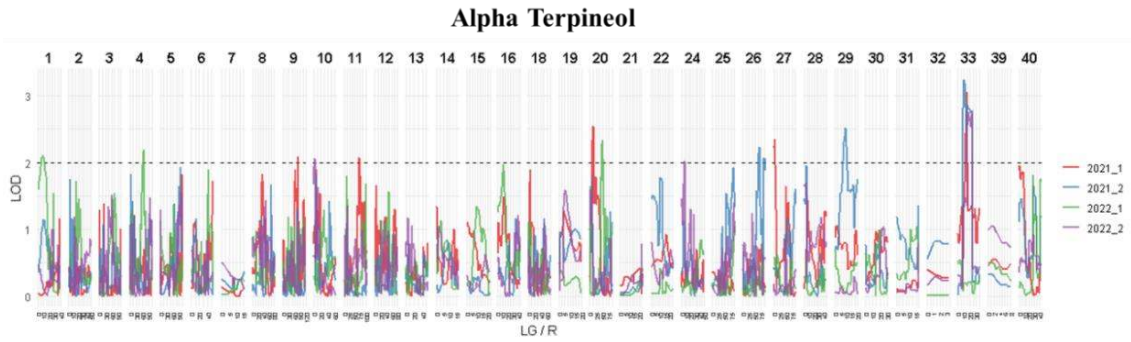
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen majör terpenlerde QTLbölgeleri belirlenmiştir. İki yıl dört dönem boyunca belirlenen terpen bileşiklerin altı tanesinde QTL belirlenmiştir. Belirlenen tüm QTL'lerin LOD değerleri en düşük 2.0 olarak alındı.

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Alpha Terpeneol Bileşiğinin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında LG20, LG33, LG40'da belirlenirken Fortuna genetik haritasında LG33 belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG33'te 3.21. en

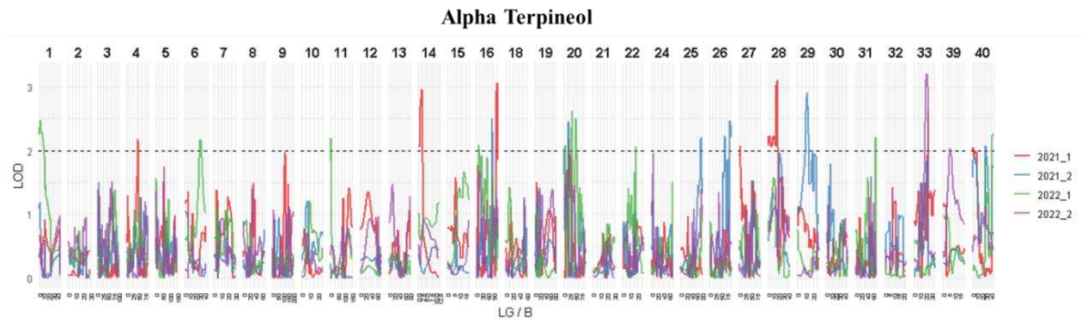
yakın SNP markörü m184304843 ve fenotipik varyans değeri %27.7 olarak belirlenirken Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG33'te 3.24, en yakın SNP markörü s166512807 ve fenotipik varyans değeri %21.7 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.42, Şekil 4.43, Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27 Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Alpha Terpineol Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	20	20.83	2.18	m184051738	Fvb2-3	814618	Fana_SNP	8.8
		33	24.05	2.62	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
	2.Hasat	20	19.01	2.44	m184326068	Fvb2-3	2160616	Fana_SNP	14.0
		40	28.28	2.07	s184186719	Fvb3-2	3352665	Fana_SNP	2.0
2022	1.Hasat	40	44.11	2.26	m184126175	Fvb3-2	2414976	Fana_SNP	2.3
	2.Hasat	33	20.56	3.21	m184304843	Fvb3-2	28693300	Fana_SNP	27.7
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	20	14.11	2.54	s184080998	Fvb2-3	909824	Fana_SNP	7.6
		33	15.13	3.05	s184670893	Fvb3-2	26584968	Fana_SNP	22.2
	2.Hasat	33	9.22	3.24	s166512807	-	-	iStraw35	21.7
	2.Hasat	33	23.55	2.78	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4



Şekil 4.42. Alpha Terpineol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki

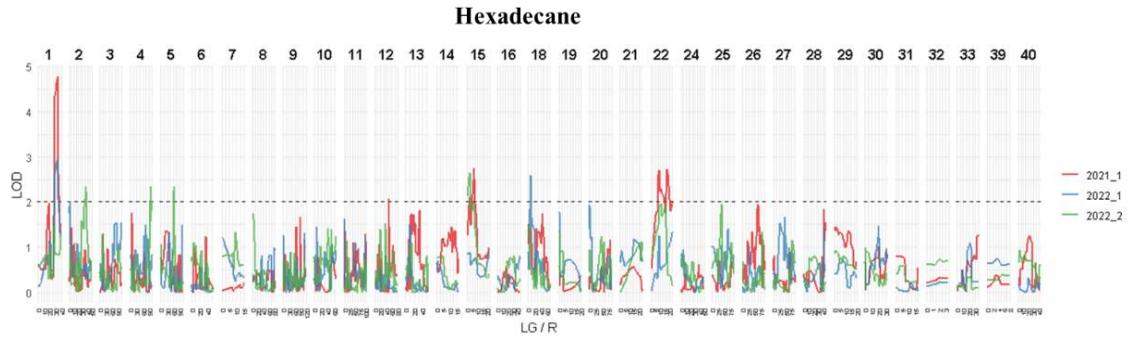


Şekil 4. 43. Alpha Terpineol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

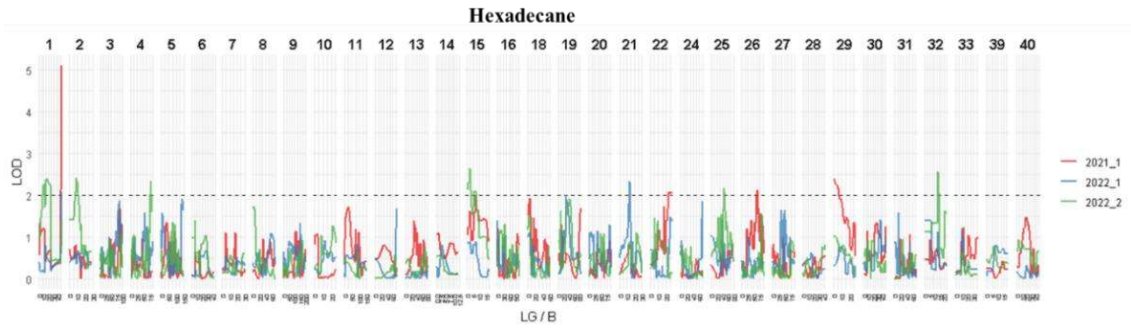
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Hexadecane bileşiğinin QTL bölgeleri, hem Rubygem hem Fortuna genetik haritalarında LG1, LG2 ve LG15'te belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG15'te 2.64, en yakın SNP markörü s166508104 ve fenotipik varyans değeri %23.6 5 olarak belirlenirken Fortuna haritasında LG1'de 4.77, en yakın SNP markörü f184085471 ve fenotipik varyans değeri %4.5 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.44, Şekil 4.45, Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexadecane Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2022	1.Hasat	1	45.4	2.08	s184520776	Fvb1-3	2106942	Fana_SNP	0.0
	2.Hasat	2	9.20	2.42	s184268441	Fvb1-4	14076356	Fana_SNP	3.9
		15	2.45	2.64	s166508104	Fvb6	38730592	iStraw35	23.6
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	1	34.65	4.77	f184085471	Fvb1-3	1138470	Fana_SNP	4.5
		15	6.48	2.74	s184129215	Fvb6-1	1749963	Fana_SNP	23.6
2022	1.Hasat	1	34.65	2.96	f184085471	Fvb1-3	1138470	Fana_SNP	4.5
		2	1.86	2.01	f184852772	Fvb1-4	6933861	Fana_SNP	0.6
	2.Hasat	15	2.45	2.64	s166508104	Fvb6	38730592	iStraw35	23.6



Şekil 4. 44. Hexadecane Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

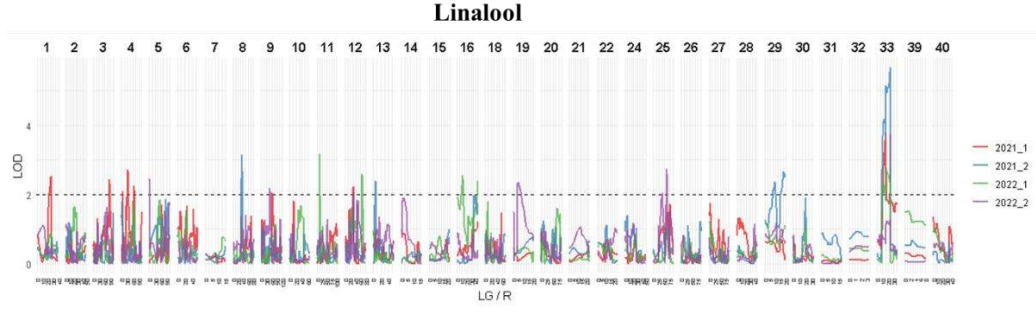


Şekil 4. 45. Hexadecane Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

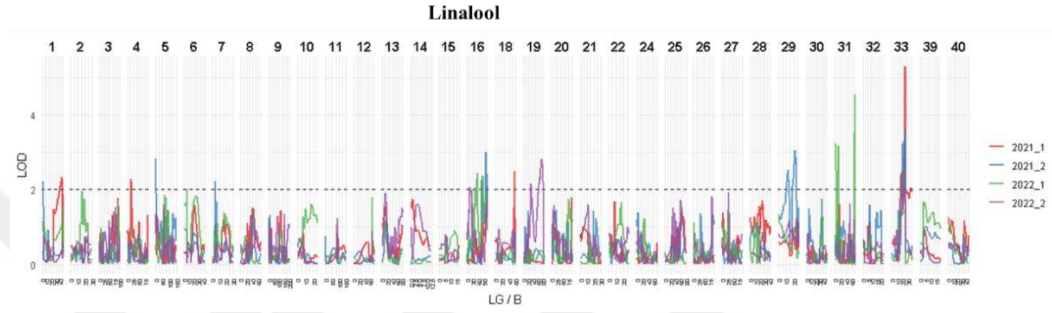
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Linalool Bileşiğinin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında LG33, LG5, LG16'da belirlenirken Fortuna genetik haritasında ise LG12, LG33, LG5'te belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri hem Rubygem haritasında hem de Fortuna haritasında LG33'de 5.56, en yakın SNP markörü s123363734 ve fenotipik varyans değeri %8.4 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.79. Şekil 4.80. Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Linalool Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	16	110.75	2.09	m184850645	Fvb6-1	35890411	Fana_SNP	1.2
		33	24.05	5.31	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
	2.Hasat	5	0.61	2.84	m166521769	-	-	iStraw35	1.8
		16	104.01	3	m123364264	Fvb6	1529532	iStraw35	3.3
		33	24.05	3.6	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
2022	2.Hasat	33	20.56	2.01	m184304843	Fvb3-2	28693300	Fana_SNP	27.7
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	12	32.62	2.23	f184664459	Fvb7-2	22826206	Fana_SNP	4.0
		33	15.13	3.79	s184670893	Fvb3-2	26584968	Fana_SNP	22.2
	2.Hasat	33	23.55	5.66	s123363734	Fvb3	34.796.117	iStraw35	8.4
	1.Hasat	33	16.67	2.75	s166504462	Fvb3	33.044.350	iStraw35	10.8
2022	2.Hasat	5	0.31	2.45	f184504674	Fvb2-3	7.983.158	Fana_SNP	1.7
		12	33.62	02.07	f184664459	Fvb7-2	22.826.206	Fana_SNP	4.0



Şekil 4. 46. Linalool Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

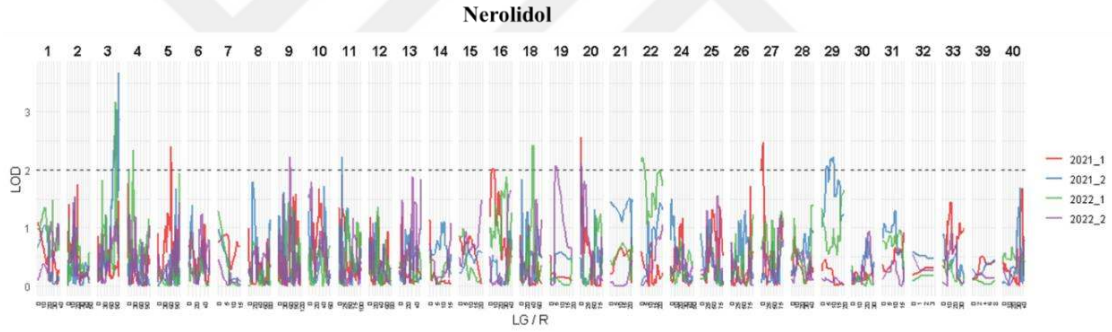


Şekil 4. 47. Linalool Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

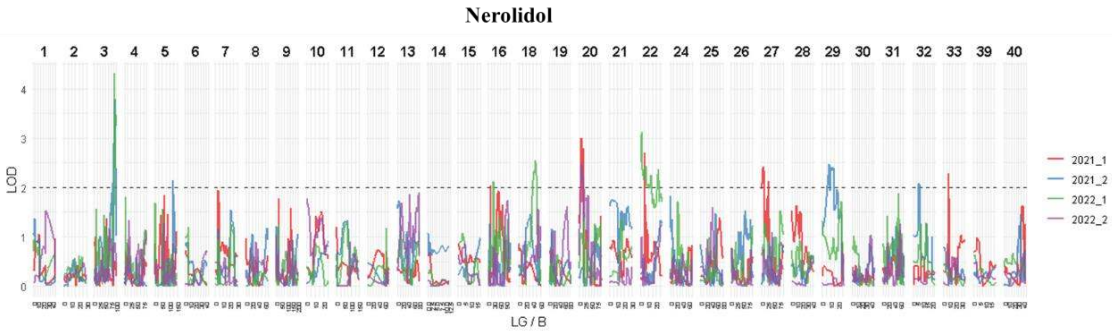
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Nerolidol bileşiğinin QTL bölgeleri, hem Rubygem hem Fortuna genetik haritasında LG20, LG22, LG3'te belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG3'te 4.31, en yakın SNP markörü s184381951 ve fenotipik varyans değeri %8.1 olarak belirlenirken Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG3'de 3.68, en yakın SNP markörü f123357499 ve fenotipik varyans değeri %9 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.48, Şekil 4.49, Çizelge. 4.30).

Çizelge 4.30. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Nerolidol Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	20	0.07	2.99	s184125311	Fvb2-3	2984900	Fana_SNP	4.8
		22	5.49	2.7	m184318822	Fvb5-1	9277701	Fana_SNP	3.4
	2.Hasat	3	93.24	3.79	s184195344	Fvb2-2	19925959	Fana_SNP	9.7
2022	1.Hasat	3	91.69	4.31	s184381951	Fvb2-2	19502035	Fana_SNP	8.1
		22	0.07	3.11	m184136011	Fvb5-1	9802874	Fana_SNP	5.1
	2.Hasat	20	4.28	2.5	s184476583	Fvb2-3	5196664	Fana_SNP	3.3
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	20	1.27	2.56	f166503588	-	-	iStraw35	1.4
	2.Hasat	3	104.38	3.68	f123357499	Fvb2	2037480	iStraw35	9.0
2022	1.Hasat	22	0.09	2.21	f184273447	Fvb5-1	1397493	Fana_SNP	19.0
	2.Hasat	20	4.28	2.1	s184476583	Fvb2-3	5196664	Fana_SNP	3.3



Şekil 4. 48. Nerolidol Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği



Şekil 4.49. Nerolidol Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

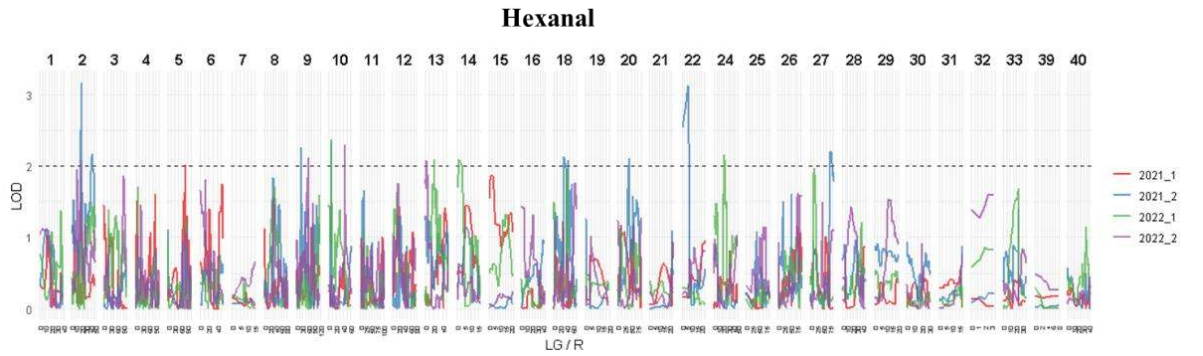
4.2.7. Aldehit Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen majör aldehitlerde QTLbölgeleri belirlenmiştir. İki yıl dört dönem boyunca belirlenen aldehit bileşiklerin 2'sinde QTL belirlenmiştir. Belirlenen tüm QTL'lerin LOD değerleri en düşük 2.0 olarak alındı.

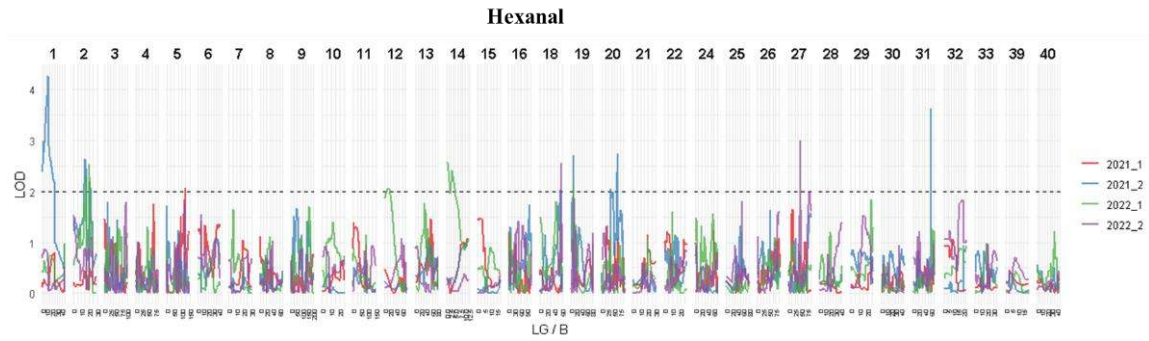
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Hexenal bileşiğinin QTL bölgeleri, Rubygem genetik haritasında LG2, LG18, LG19’da belirlenirken Fortuna genetik haritasında ise LG2 ve LG10’da belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG19’da 2.71, en yakın SNP markörü m123366835 ve fenotipik varyans değeri %2.9 olarak belirlenirken Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG2’de 3.16, en yakın SNP markörü f184358642 ve fenotipik varyans değeri %3.6 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.50, Şekil 4.51, Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexenal Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	2.Hasat	2	15.65	2.63	s184424691	Fvb1-4	16449267	Fana_SNP	7.8
		18	57.75	2.04	m166509031	Fvb7	2927663	iStraw35	1.2
		19	9.88	2.71	m123366835	Fvb1	4670293	iStraw35	2.9
2022	1.Hasat	2	19.91	2.53	s184235657	Fvb1-4	16920348	Fana_SNP	6.7
		19	11.73	2.1	m184402874	Fvb1-4	3722510	Fana_SNP	2.9
	2.Hasat	18	58.37	2.55	m184131357	Fvb7-4	22844394	Fana_SNP	1.2
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	2.Hasat	2	20.28	3.16	f184358642	Fvb1-4	10415251	Fana_SNP	3.6
		10	6.24	2.33	f184841120	Fvb5-1	12411623	Fana_SNP	2.4
2022	1.Hasat	10	7.48	2.37	f184161284	Fvb5-1	12646413	Fana_SNP	7.1
	2.Hasat	2	20.29	2.08	f184358642	Fvb1-4	10415251	Fana_SNP	3.6



Şekil 4.50. Hexenal Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği



Şekil 4.51. Hexanal Bileşiminin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

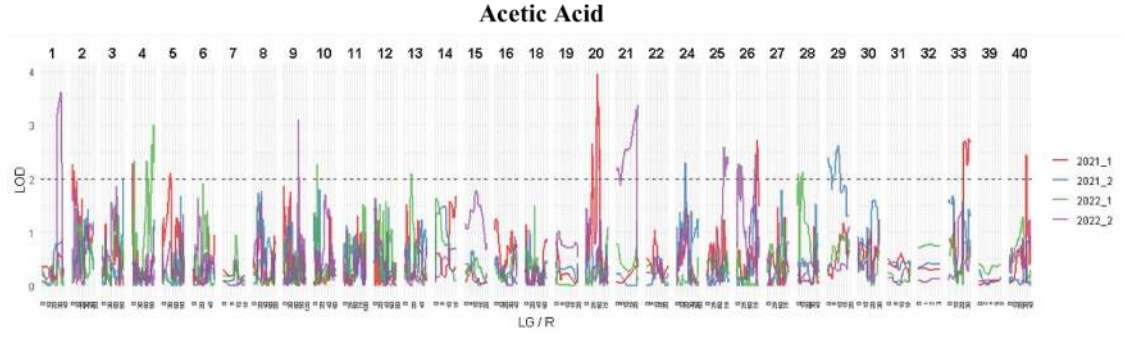
4.2.8. Asit Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen majör asitlerde QTL bölgeleri belirlenmiştir. İki yıl dört dönem boyunca belirlenen asit bileşiklerin 7'sinde QTL belirlenmiştir. Belirlenen tüm QTL'lerin LOD değerleri en düşük 2.0 olarak alındı.

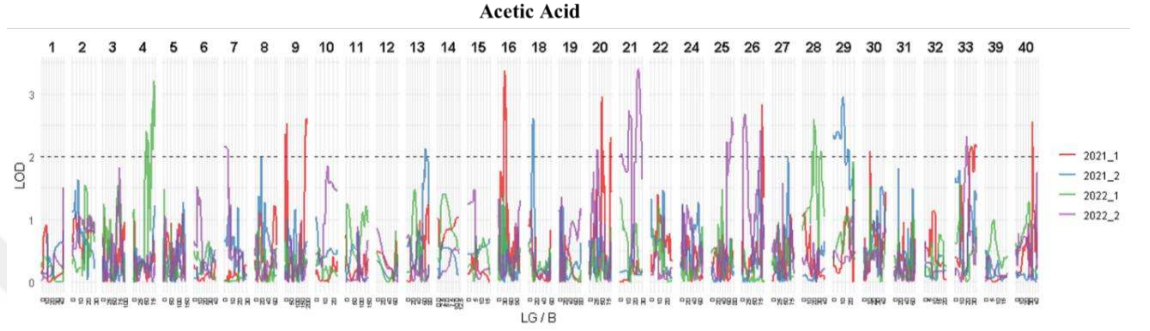
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Acetic acid bileşiği asit sınıfına aittir. Bu bileşiğin QTL bölgeleri hem Rubygem hem Fortuna genetik haritasında LG26 ve LG33'te belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG26'da 2.83, en yakın SNP markörü s184576258 ve fenotipik varyans değeri %10.4 olarak belirlenirken Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG33'te 3.95, en yakın SNP markörü s184217389 ve fenotipik varyans değeri %0.9 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.52, Şekil 4.53, Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Acetic acid Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	26	82.65	2.83	s184576258	Fvb1-1	3782419	Fana_SNP	10.4
		33	33.09	2.19	s184217389	Fvb3-2	30926884	Fana_SNP	0.9
2022	2.Hasat	33	20.56	2.32	m184304843	Fvb3-2	28693300	Fana_SNP	27.7
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	26	85.62	2.71	s184256987	Fvb1-2	24201465	Fana_SNP	7.7
		33	33.09	2.74	s184217389	Fvb3-2	30926884	Fana_SNP	0.9
2022	2.Hasat	26	78.91	2.46	s166517529	Fvb1	18056182	iStraw35	9.9



Şekil 4.52. Acetic Acid Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

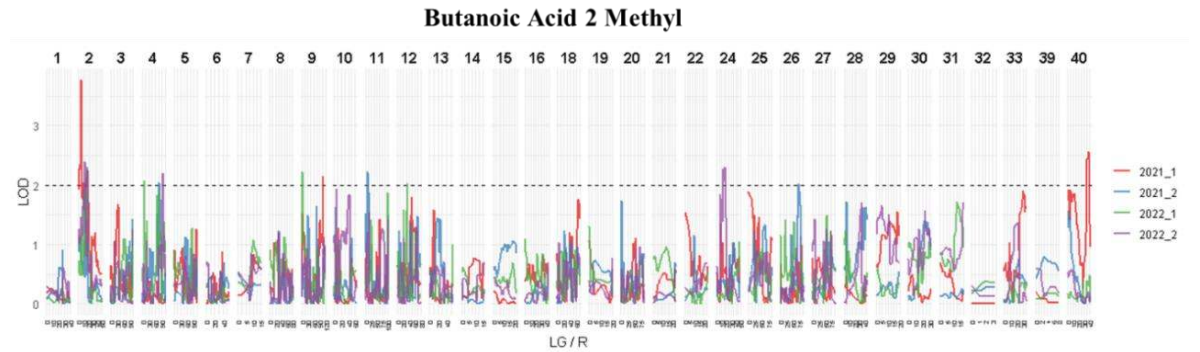


Şekil 4.53. Acetic Acid Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Butanoic acid 2 methyl bileşiğinin QTL bölgesi yalnızca Fortuna genetik haritasında LG2’de belirlenmiştir. Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG2’de 2.4, en yakın SNP markörü f184465000 ve fenotipik varyans değeri %1.9 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.54, Çizelge 4.33).

Çizelge 4. 33. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Butanoic acid 2 methyl Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	2.Hasat	2	18.45	2.3	f123356945	Fvb1	10656537	iStraw35	4.0
2022	2.Hasat	2	12.89	2.4	f184465000	Fvb1-2	11007882	Fana_SNP	1.9

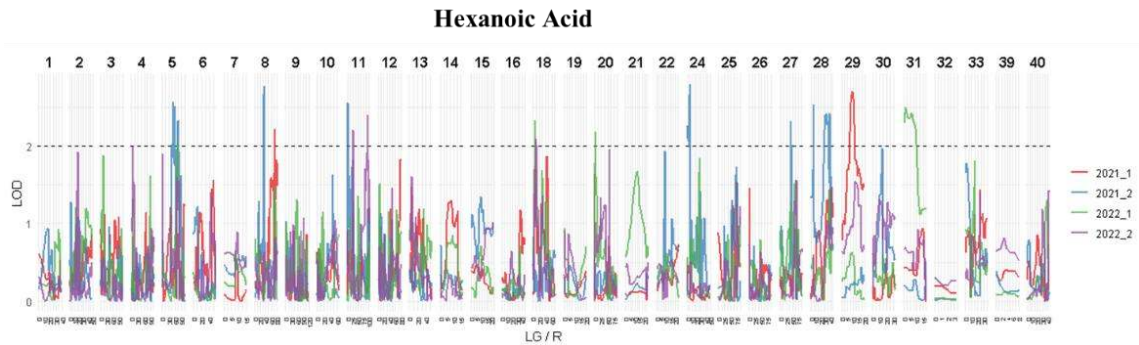


Şekil 4.54. Butanoic Acid 2-Methyl Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

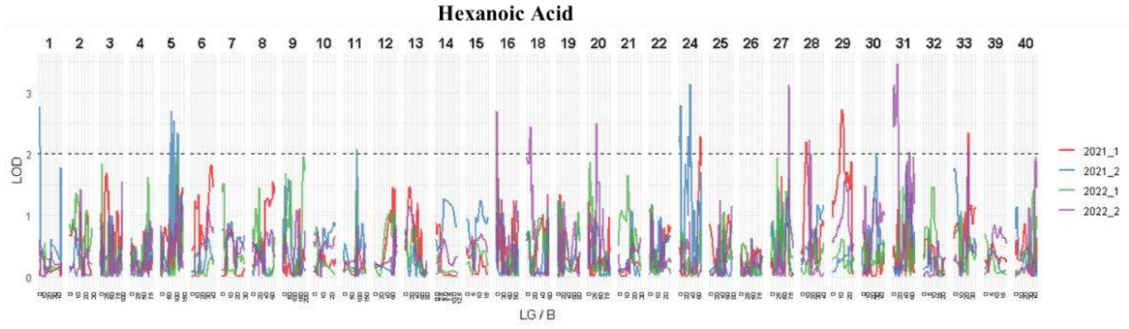
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Hexanoic acid bileşiğinin QTL bölgeleri, Rubygem genetik haritasında LG28, LG33, LG5, LG11, LG18’de belirlenirken Fortuna genetik haritasında ise LG5, LG11, LG18’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG5’te 2.7, en yakın SNP markörü m184436863 ve fenotipik varyans değeri %7.1 olarak belirlenirken Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG11’de 2.4, en yakın SNP markörü f184751951 ve fenotipik varyans değeri %4.7 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.55, Şekil 4.56, Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Hexanoic acid Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	28	14.41	2.2	m166515609	Fvb6	20695861	iStraw35	15.9
		33	24.05	2.35	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
	2.Hasat	5	67.86	2.7	m184436863	Fvb3-1	5368771	Fana_SNP	7.1
		11	89.04	2.07	m184633306	Fvb6-3	23565850	Fana_SNP	10.3
2022	2.Hasat	18	14.23	2.44	s184183409	Fvb7-4	5931753	Fana_SNP	12.6
		28	16.24	2.23	m184181383	Fvb6-2	8102737	Fana_SNP	15.6
		33	24.05	2.12	s123363734	Fvb3	34796117	iStraw35	8.4
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2022	1.Hasat	5	72.48	2.03	s184118647	Fvb3-1	15526449	Fana_SNP	5.4
		18	7.35	2.33	f184725570	Fvb7-4	6297103	Fana_SNP	13.1
	2.Hasat	11	93.82	2.4	f184751951	Fvb6-3	38214890	Fana_SNP	4.7
		18	9.79	02.09	f184876507	Fvb7-4	6543463	Fana_SNP	18



Şekil 4.55. Hexanoic Acid Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

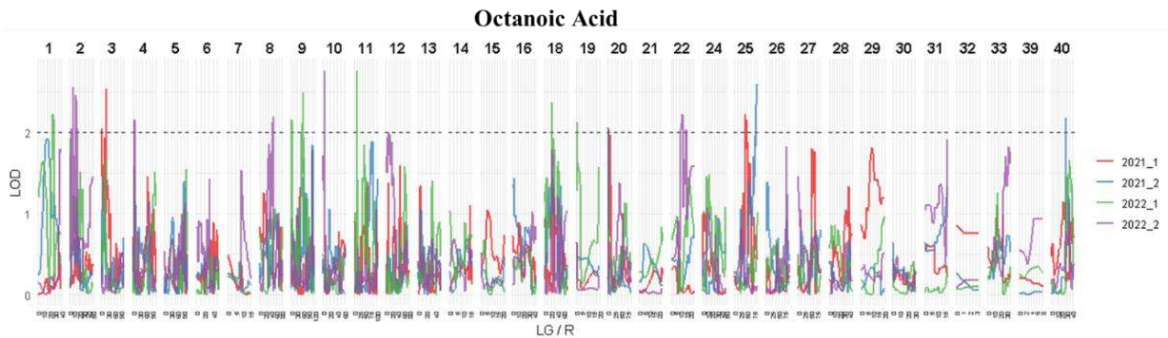


Şekil 4.56. Hexanoic Acid Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

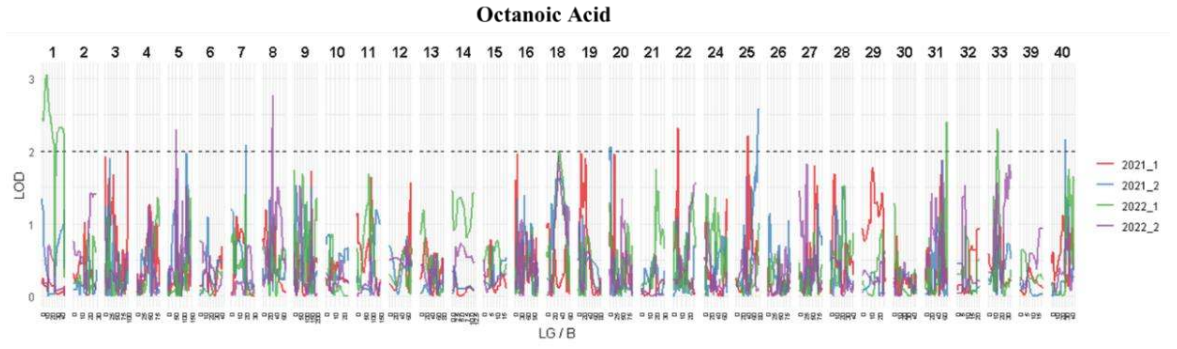
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Octanoic acid bileşiğinin QTL bölgeleri, hem Rubygem hem Fortuna genetik haritalarında LG22 ve LG20’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Rubygem haritasında LG22’de 2.32, en yakın SNP markörü m184318822 ve fenotipik varyans değeri %3.4 olarak belirlenirken Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG22’de 2.22, en yakın SNP markörü f184363728 ve fenotipik varyans değeri %13.3 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.57, Şekil 4.58, Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Octanoic Acid Bileşiği İle Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	22	5.49	2.32	m184318822	Fvb5-1	9277701	Fana_SNP	3.4
	2.Hasat	20	0.07	2.06	s184125311	Fvb2-3	2984900	Fana_SNP	4.8
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	20	0.07	2.05	s184125311	Fvb2-3	2984900	Fana_SNP	4.8
	2.Hasat	20	1.27	2.04	f166503588	-	-	iStraw35	1.4
2022	2.Hasat	22	11.16	2.22	f184363728	Fvb5-1	3366464	Fana_SNP	13.3



Şekil 4.57. Octanoic Acid Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

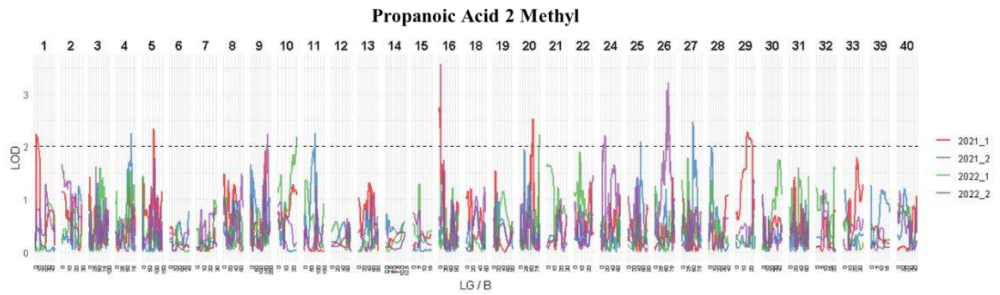


Şekil 4.58. Octanoic Acid Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Propanoic acid 2 methyl bileşiğinin QTL bölgeleri, Fortuna genetik haritasında LG2 ve LG5'te belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri Fortuna haritasında en yüksek LOD değeri LG2'de 2.58, en yakın SNP markörü f184124530 ve fenotipik varyans değeri %2.3 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.59, Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Propanoic acid 2 methyl Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	2	18.45	2.4	f123356945	Fvb1	10656537	iStraw35	4.0
		5	58.57	2.35	s184326917	Fvb3-1	7974648	Fana_SNP	6.4
2022	1.Hasat	2	14.73	2.58	f184124530	Fvb1-4	8975984	Fana_SNP	2.3
	2.Hasat	5	68.46	2.33	f184547506	Fvb3-1	12050500	Fana_SNP	3.7



Şekil 4.59. Propanoic Acid 2-Methyl Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği

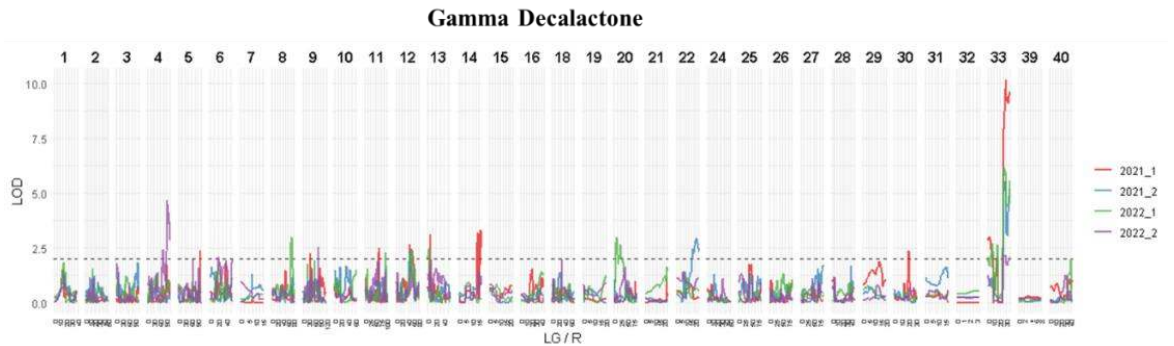
4.2.9. Lakton Bileşikler ile ilgili Bağlantı Lokusları

Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen lakton bileşiğinde QTL bölgeleri belirlenmiştir. İki yıl dört dönem boyunca belirlenen Gamma Decalacton lakton bileşiğinin QTL bölgeleri belirlenirken tüm QTL'lerin LOD değerleri en düşük 2.0 olarak alınmıştır.

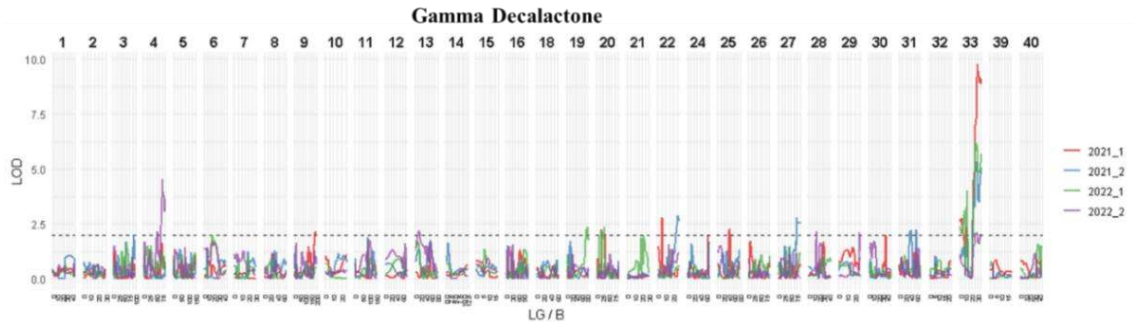
Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda elde edilen Gamma Decalactone bileşiğinin QTL bölgeleri. Rubygem genetik haritasında LG33 ve LG13’de belirlenirken Fortuna genetik haritasında ise LG12, LG13 ve LG33’de belirlenmiştir. En yüksek LOD değeri hem Rubygem haritasında hem de Fortuna haritasında sırasıyla LG33’te 9.78, 10.15, en yakın SNP markörü s184207065 ve fenotipik varyans değeri %27.2 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.60, Şekil 4.61, Çizelge. 4.37).

Çizelge 4.37. Fortuna ve Rubygem F1 Populasyonunda Gamma Decalactone Bileşiği ile Bağlantılı Lokuslar, Lokuslara Ait LOD ve % PV Değerleri

Rubygem									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	33	29.59	9.78	s184207065	Fvb3-2	29697051	Fana_SNP	27.2
	2.Hasat	33	28.69	5.35	s123361053	Fvb3	35405870	iStraw35	24.2
2022	1.Hasat	33	24.79	6.26	s166510266	Fvb3	35078811	iStraw35	32.5
	2.Hasat	13	1.11	2.17	s123357522	Fvb7	8371508	iStraw35	6.4
		33	28.69	2.1	s123361053	Fvb3	35405870	iStraw35	24.2
Fortuna									
Yıl	Hasat	LG	LG Pozisyon (cM)	LOD Değeri	En Yakın Markör	Kromozom	Fiziksel Pozisyon (bp)	Panel	PV(%)
2021	1.Hasat	12	48.18	2.66	f123364415			iStraw35	22.5
		13	5.93	3.1	f184567869	Fvb7-1	16332639	Fana_SNP	13.5
		33	29.1	10.15	s184207065	Fvb3-2	29697051	Fana_SNP	27.2
	2.Hasat	12	50.02	2.33	f123367562	Fvb7	13879559	iStraw35	30.4
		33	28.68	5.52	s123361053	Fvb3	35405870	iStraw35	24.2
2022		12	53.62	2.4	f123359604	Fvb7	12617342	iStraw35	33.3
		13	3.48	2.5	f123359715	Fvb7	10643080	iStraw35	6.3
	1.Hasat	33	26.32	6.19	s184081848	Fvb3-2	29216200	Fana_SNP	32.5
	2.Hasat	33	28.17	2.16	s123361053	Fvb3	35405870	iStraw35	24.2



Şekil 4.60. Gamma Decalactone Bileşiğinin Fortuna Haritasındaki QTL Grafiği



Şekil 4.61. Gamma Decalactone Bileşiğinin Rubygem Haritasındaki QTL Grafiği

Aroma analizi sonucunda belirlenen 194 bileşikten 29 tanesi için anlamlı QTL belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen Gamma-Decalacton bileşiğine ait QTL'ler belirlenmiştir. Gamma decalacton bileşiği ile ilişkili kromozom Fvb3-2'de bulunmuştur. Zorrilla-Fontanesi ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada üstün lezzete sahip "1392 ve "232" genotiplerini materyal olarak kullanarak 48 farklı uçucu maddeyi kapsayan yetmiş QTL tespit etmişlerdir. Bunlardan Gamma-decalacton içeriğini kontrol eden lokuslar niteliksel özellikler olarak belirlenmiş ve aday gen yaklaşımını kullanarak birçok QTL'den sorumlu olan genleri belirlediklerini rapor etmişlerdir.

Yetiştirilen çileklerde, geniş bir yelpazede meyvemsi aroma sağlayan ester bileşikler en bol bulunan bileşik sınıfıdır. Ester sınıfına ait Butanoic Acid Ethyl Ester bileşiğinin QTL bölgesi kromozom üzerinde Fvb2-3'te ve Fvb3-3'te belirlenmiştir. Hexanoic Acid Ethyl Ester bileşiğinin QTL bölgesi kromozom Fvb2-3'te ve kromozom Fvb1-4'te bulunmuştur. Urrutia ve ark. (2017) çilekte QTL haritalaması yaparak 47 aroma bileşikte 50 ana stabil QTL'yi ortaya çıkarmıştır. Bunlardan Hexanoic Acid Ethyl Ester ve Butanoic Acid Ethyl Ester bileşiklerine ait QTL'ler bağlantı Grubu 6A'da kromozom 6 üzerinde bulunmuştur.

Terpen bileşik sınıfına ait Linalool bileşiği kromozom Fvb3'te, Nerolidol bileşiği kromozom Fvb2'de bulunmuştur. Urrutia ve ark. (2017)'da Linalool ve Nerolidol bileşiğini kromozom Fvb3'te belirlemişlerdir. Barbey ve ark. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada kromozom 3-3'te terpen bolluğuna katkıda bulunan Solanesil difosfat sentaz ile ilişkili QTL tanımlanmıştır.

Aldehit sınıfına ait Hexanal ve 2-Hexanal bileşikler kromozom Fvb1 ve Fvb1-4'te bulunmuştur. Urrutia ve ark. (2017), 2-Hexanal bileşiğine ait QTL'i kromozom Fvb5'te, Hexanal bileşiğine ait QTL'i Fvb3'te belirlenmişlerdir. Bu sonuçlara göre farklı populasyonlarda aldehit bileşiklerini kontrol eden kromozom ve lokuslar farklılık göstermiştir.

Alkol sınıfına ait 1-Hexanol bileşiği kromozom Fvb5-3'te, 1-octanol bileşiği kromozom Fvb5 ve kromozom Fvb5-2'de belirlenmiştir. Urrutia ve ark. (2017) 1-octanol ve 1-Hexanol bileşiklerinin lokuslarını kromozom Fvb5'te belirlenmiş ve sonuçlar uyumluluk göstermiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Fortuna ve Rubygem çilek çeşitleri melezlenerek elde edilen F1 bireyler 2021 ve 2022 yılları arasında çoğaltılmış ve örneklerin DNA izalasyonları yapılarak SNP lokuslarının belirlenmesi için sekanslanmaya gönderilmiştir. İki yıl dört hasat dönemi boyunca meyveler toplanıp suları sıkılmış ve aroma bileşikleri ile ilişkili analizler yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Fortuna×Rubygem F1 populasyonunda 4 hasat sırasında toplam 194 bileşik belirlenmiştir. Bunlardan 76 adet ester, 37 adet alkol, 14 adet asit, 12 adet aldehit, 15 adet keton, 1 adet lakton, 1 adet furan ve 18 adet terpen sınıfa ait bileşik tanımlanmıştır.
2. Fortuna×Rubygem F1 çilek populasyonunun uçucu bileşik profili (volatilom) iki yıl dört hasat dönemi boyunca analizleri yapılarak sınıflandırılmıştır. Sınıflanan bileşikler ile ilgili QTL bölgeleri saptanmıştır.
3. Alkol bileşiklerin dört tanesinde QTL belirlenmiştir ve okuslar Kromozom Fvb5, Fvb5-2, Fvb5-3'te belirlenmiştir.
4. Aldehit sınıfına ait iki bileşik için QTL bulunmuştur ve okuslar Kromozom Fvb1-4'te ve Fvb1'de tespit edilmiştir.
5. Keton sınıfına ait elde edilen 15 adet bileşikten QTL bölgesi tespit edilememiştir.
6. Lakton sınıfına ait karakteristik meyveli, şeftali benzeri aroma tadı veren Gama Decalaton bileşiğinin QTL bölgesi hem Rubygem hem de Fortuna haritasında LG33'te, LOD değeri 10.15, en yakın SNP markörü s184207065 ve fenotipik varyans değeri %27.2 olarak bulunmuştur.
7. Ester bileşik sınıfına ait 13 bileşikte QTL belirlenmiştir. Butanoic Acid Ethyl Ester bileşiğinin QTL bölgesi kromozom üzerinde Fvb2-3'te ve Fvb3-3'de, Hexanoic Acid Ethyl Ester bileşiğinin QTL bölgesi kromozom Fvb1-4'te ve kromozom Fvb2-3'te, Acetic Acid Ethyl Ester bileşiğinin QTL bölgesi kromozom Fvb6 ve Fvb5-3'de, Acetic acid hexyl ester bileşiğinin QTL bölgesi kromozom Fvb4 ve Fvb3-2'de, Acetic Acid Methyl Ester bileşiğinin QTL bölgesi kromozom Fvb2-1 ve Fvb7-1'de belirlenmiştir.
8. Asit bileşik sınıfına ait 14 adet asit bileşiği tespit edilmiştir ve bileşiklerin beş tanesinde QTL belirlenmiştir.
9. Terpen sınıfına ait 18 adet bileşik tespit edilmiştir ve bu bileşiklerin altı tanesinde QTL belirlenmiştir. Alpha Terpeneol bileşiğinin QTL bölgesi kromozom Fvb3-2'de, Hexadecane bileşiğinin QTL bölgesi kromozom Fvb6 ve Fvb1-3'te, Nerolidol bileşiğinin QTL bölgesi kromozom Fvb2 ve Fvb2-2'de belirlenmiştir.

Uçucu bileşik içeriğine yönelik ıslah, çileğin oktoploid doğası ve bu özelliklerin poligenik düzenlenmesi nedeniyle karmaşıktır. Bu nedenle MAS'ı uygulamak ve dolayısıyla tüketici talebini karşılamak için aroma ile ilişkili QTL ve markör tasarlamasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile çilekte aroma analizi sonucu elde edilen uçucu bileşiklerin birikiminden sorumlu genom bölgeleri ortaya çıkarılarak MAS için bazı SNP belirteçleri belirlenmiştir. Bu markörlerin tasarımı yapılarak yüksek aromalı bileşiğe sahip meyve seçimi için ıslahta kullanılması öngörülebilmektedir.

Fortuna ve Rubygem melezi F1 bireylerin volatilomu, bu popülasyonun uçucu bileşiklere ait QTL'lerin keşfi için uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Bu QTL'lerden bazıları, bileşiklerin lezzet ve beğeni algısı ile ilgilidir (Schwieterman ve ark., 2014; Ulrich ve Olbricht, 2016) ve önceki çalışmalardan elde edilen QTL'leri doğrulamaktadır. Ancak bu bileşiklerin nasıl biriktiğinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacak aday genin bulunması amacıyla bu bölgelerin daraltılması için çok daha fazla popülasyonda QTL çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aaby, K., Ekeberg, D., and Skrede, G. 2007. Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria× ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(11), 4395-4406.
- Abbott JA., 1999 Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biol Tachnol* 15:207–225.
- Aharoni, A., Keizer, L. C., Bouwmeester, H. J., Sun, Z., Alvarez-Huerta, M., Verhoeven, H. A., ... and O'Connell, A. P. 2000. Identification of the SAAT gene involved in strawberry flavor biogenesis by use of DNA microarrays. *The Plant Cell*, 12(5), 647-661.
- Alarfaj, R., El-Soda, M., Antanaviciute, L., Vickerstaff, R., Hand, P., Harrison, R. J., and Wagstaff, C. 2021. Mapping QTL underlying fruit quality traits in an F1 strawberry population. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(5), 634-645.
- Antanaviciute, L., Šurbanovski, N., Harrison, N., McLeary, K. J., Simpson, D. W., Wilson, F., ... and Harrison, R. J. 2015. Mapping QTL associated with *Verticillium dahliae* resistance in the cultivated strawberry (*Fragaria× ananassa*). *Horticulture research*, 2.
- Arroyo, F. T., Moreno, J., Daza, P., Boianova, L., and Romero, F. 2007. Antifungal activity of strawberry fruit volatile compounds against *Colletotrichum acutatum*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(14), 5701-5707.
- Ayvaz Sönmez D., 2022 Çilekte kurşuni küf hastalığı (*botrytis cinerea*) ile ilişkili kantitatif özellik lokuslarının belirlenmesi. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 227 s.
- Barbey, C. R., Hogshead, M. H., Harrison, B., Schwartz, A. E., Verma, S., Oh, Y., ... and Whitaker, V. M. 2021. Genetic analysis of methyl anthranilate, mesifurane, linalool, and other flavor compounds in cultivated strawberry (*Fragaria× ananassa*). *Frontiers in Plant Science*, 12, 615749.
- Basu, A., Fu, D. X., Wilkinson, M., Simmons, B., Wu, M., Betts, N. M., ... and Lyons, T. J. 2010. Strawberries decrease atherosclerotic markers in subjects with metabolic syndrome. *Nutrition research*, 30(7), 462-469.
- Bayram, S. E., Özeke, E., ve ELMACI, Ö. L. 2013. Fonksiyonel gıdalar ve çilek. *Akademik Gıda*, 11(2), 131-137.
- Beekwilder J., Huerta M.A., Neef E., Francel W.A., Bouwmeester H. J., Aharoni A., 2004. Functional characterization of enzymes forming volatile ester from strawberry and banana. *Plant Physiol.*, 135, 1865-1878.
- Berger, R. G., Drawert, F., and Kollmannsberger, H. 1986. Geruchsaktive spurenkomponenten des bananen aromas. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm*, 10, 120-124.
- Bood, K. G., and Zabetakis, I. 2002. The biosynthesis of strawberry flavor (II): Biosynthetic and molecular biology studies. *Journal of food science*, 67(1), 2-8.
- Boyacıoğlu, S. Ö., ve Dündar, M. 2012. Gen haritalama stratejileri. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 21(1), 50-60.

- Broman, K.W.; Gatti, D.M.; Simecek, P.; Furlotte, N.A.; Prins, P.; Sen, 'S.; Yandell, B.S.; Churchill, G.A. R/qtl2: Software for mapping quantitative trait loci with high-dimensional data and multiparent populations. *Genetics* 2019, 211, 495–502.
- Castro, P., and Lewers, K. S. 2016. Identification of quantitative trait loci (QTL) for fruit-quality traits and number of weeks of flowering in the cultivated strawberry. *Molecular Breeding*, 36, 1-19.
- Chambers, A. H., Pillet, J., Plotto, A., Bai, J., Whitaker, V. M., and Folta, K. M. 2014. Identification of a strawberry flavor gene candidate using an integrated genetic-genomic-analytical chemistry approach. *BMC genomics*, 15(1), 1-15.
- Chen, X. Y., Wang, R. F., and Liu, B. 2015. An update on oligosaccharides and their esters from traditional Chinese medicines: Chemical structures and biological activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015.
- Cheong, K. W., Tan, C. P., Mirhosseini, H., Hamid, N. S. A., Osman, A., and Basri, M. 2010. Equilibrium headspace analysis of volatile flavor compounds extracted from soursop (*Annona muricata*) using solid-phase microextraction. *Food Research International*, 43(5), 1267-1276.
- Cortés, A. J., Chavarro, M. C., and Blair, M. W. 2011. SNP marker diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theoretical and applied genetics*, 123(5), 827-845.
- Dong, J., Zhang, Y., Tang, X., Jin, W., and Han, Z. 2013. Differences in volatile ester composition between *Fragaria* × *ananassa* and *F. vesca* and implications for strawberry aroma patterns. *Scientia Horticulturae*, 150, 47-53.
- Douillard, C., and Guichard, E. (1989). Comparison by multidimensional analysis of concentrations of volatile compounds in fourteen frozen strawberry varieties [aroma, furaneol, mesifurane]. *Sciences des Aliments (France)*, 9(1).
- Drawert, F. And Berger, R., 1981. Possibilities of the biotechnological production of aroma substances by plant tissues cultures. In: P.Schreier, *Flavour* 81. Walter De Gruyter, Berlin, New York, pp. 509-527.
- Dreher, K., Morris, M., Khairallah, M., Ribaut, J. M., Shivaji Pandey, S. P., and Ganesan Srinivasan, G. S. 2002. Is marker-assisted selection cost-effective compared with conventional plant breeding methods? The case of quality protein Maize. In *Economic and social issues in agricultural biotechnology* (pp. 203-236). Wallingford UK: CABI Publishing.
- Du, X., Plotto, A., Baldwin, E., and Rouseff, R. 2011. Evaluation of volatiles from two subtropical strawberry cultivars using GC–olfactometry, GC-MS odor activity values, and sensory analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(23), 12569-12577.
- Ducruet, V., Fournier, N., Saillard, P., Feigenbaum, A., and Guichard, E. 2001. Influence of packaging on the aroma stability of strawberry syrup during shelf life. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2290-2297.
- Edger, P. P., Poorten, T. J., VanBuren, R., Hardigan, M. A., Colle, M., McKain, M. R., ... and Knapp, S. J. (2019). Origin and evolution of the octoploid strawberry genome. *Nature genetics*, 51(3), 541-547.

- El Hadi, M. A. M., Zhang, F. J., Wu, F. F., Zhou, C. H., and Tao, J. 2013. Advances in fruit aroma volatile research. *Molecules*, 18(7), 8200-8229.
- Erdem, S. Ö., And Çekiç, Ç. 2017. Geçmişten Günümüze Çilek Islahı. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(3), 105-115.
- Fan, Z., Hasing, T., Johnson, T. S., Garner, D. M., Schwieterman, M. L., Barbey, C. R., ... and Whitaker, V. M. 2021. Strawberry sweetness and consumer preference are enhanced by specific volatile compounds. *Horticulture research*, 8.
- Folta, K. M., and Davis, T. M. 2006. Strawberry genes and genomics. *Critical Reviews in Plant*
- Folta, K. M., and Klee, H. J. 2016. Sensory sacrifices when we mass-produce mass produce. *Horticulture research*, 3.
- Food And Agriculture Organization Of The United Nations. FAOSTAT. [Http://Faostat.Fao.Org/](http://Faostat.Fao.Org/). Erişim Tarihi: 11/01/2024.
- Forcada, C. F., i Martí, À. F., and i Company, R. S. 2012. Mapping quantitative trait loci for kernel composition in almond. *BMC genetics*, 13, 1-9.
- Forney, C. F., Kalt, W., and Jordan, M. A. 2000. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity, and storage. *HortScience*, 35(6), 1022-1025.
- Frazer, K. 2007. a, Ballinger DG, Cox DR, et al. A second generation human haplotype map of over 3.1 million SNPs. *Nature*, 449(7164), 851-61.
- Goff, S. A., and Klee, H. J. 2006. Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value?. *Science*, 311(5762), 815-819.
- González-Domínguez, R., Sayago, A., Akhatou, I., and Fernández-Recamales, Á. (2020). Volatile profiling of strawberry fruits cultivated in a soilless system to investigate cultivar-dependent chemical descriptors. *Foods*, 9(6), 768.
- Gupta, A., Jeyakumar, E., and Lawrence, R. 2021. Journey of limonene as an antimicrobial agent. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15(3).
- Gupta, P. K., Roy, J. K., and Prasad, M. 2001. Single nucleotide polymorphisms: a new paradigm for molecular marker technology and DNA polymorphism detection with emphasis on their use in plants. *Current science*, 524-535.
- Hardigan, M. A., Feldmann, M. J., Lorant, A., Bird, K. A., Famula, R., Acharya, C., ... and Knapp, S. J. (2020). Genome synteny has been conserved among the octoploid progenitors of cultivated strawberry over millions of years of evolution. *Frontiers in plant science*, 10, 504896.
- Hannum, S. M. 2004. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(1), 1-17.
- Hemphill R, Martin LH. 1992. Microwave Oven-Drying Method for Determining Soluble
- Herrington, M. E., Chandler, C. K., Moisander, J. A., Reid, C. E., 2007. 'Rubygem' strawberry. *HortScience*, 42(6), 1482-1483.

- Hossain, M. R., Natarajan, S., Kim, H. T., Jesse, D. M. I., Lee, C. G., Park, J. I., and Nou, I. S. 2019. High density linkage map construction and QTL mapping for runner production in allo-octoploid strawberry *Fragaria* × *ananassa* based on ddRAD-seq derived SNPs. *Scientific reports*, 9(1), 3275. <https://academic.oup.com/genetics/article/211/2/495/5931111>
- Ibanez, E., Lopez-Sebastian, S., Ramos, E., Tabera, J., Reglero, G., 1998. Analysis of volatile fruit components by headspace solid-phase micro extraction. *Food Chem.*, 63:281-286.
- Jetti, R. R., Yang, E., Kurnianta, A., Finn, C., and Qian, M. C. 2007. Quantification of selected aroma-active compounds in strawberries by headspace solid-phase microextraction gas chromatography and correlation with sensory descriptive analysis. *Journal of food science*, 72(7), S487-S496.
- Kafkas E., Kafkas S., Koch-Dean M., Schwab W., 2005. Comparison of Methodologies for the Identification of aroma compounds in strawberry. *Turk J. Agric For.* 29: 383-390.
- Kafkas E., Kürkçüoğlu, M., Demirci, B., Paydaş, S., 2004. Osmanlı çileğinin taze ve dondurulmuş meyvelerinde aroma bileşiklerinin belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 182-188.
- Kafkas N.E. 2004. Bazı Çilek Genotiplerinde Aroma Bileşiklerinin Tayini ve Aroma Bileşikleri ile Bazı Meyve Kalite Kriterleri Arasındaki İlişkiler (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana. ss: 200.
- Kafkas, E., Koşar, M., Paydaş, S., Kafkas, S., and Başer, K. H. C. 2007. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food chemistry*, 100(3), 1229-1236.
- Kataoka, H., Lord, H. L., and Pawliszyn, J. 2000. Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *Journal of chromatography A*, 880(1-2), 35-62.
- Lambert, Y., Demazeau, G., Largeteau, A., and Bouvier, J. M. 1999. Changes in aromatic volatile composition of strawberry after high pressure treatment. *Food Chemistry*, 67(1), 7-16.
- Larsen, M. 1992. Odour thresholds of some important aroma compounds in strawberries. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 195, 120-123.
- Larsen, M., and Poll, L. 1990. Odour thresholds of some important aroma compounds in raspberries. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 191(2), 129-131.
- Latrasse, A. 1991. Volatile compounds in foods and beverages. *Fruits III*. New York: Maarse H. ed.
- Lerceteau-Kohler, E., Moing, A., Guerin, G., Renaud, C., Maucourt, M., Rolin, D., ... And Denoyes-Rothan, B. 2006. QTL analysis for sugars and organic acids in strawberry fruits. *Acta Horticulturae*, 708, 573.
- Lerceteau-Köhler, E., Moing, F., Guérin, G., Renaud, C., Courlit, S., Camy, D., ... and Denoyes-Rothan, B. 2004. QTL analysis for fruit quality traits in octoploid strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). In 11th Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics, Angers, France, Sep 01-05, 2003 (Pp. 331-335). *Int Soc Horticultural Science*.

- Lester, G. 2006. Consumer preference quality attributes of melon fruits. In IV International Conference on Managing Quality in Chains-The Integrated View on Fruits and Vegetables Quality 712 (pp. 175-182).
- Li X. X., Tsukamoto N., Fukuhara K., Yamashita S., Sakamoto T., Okimura M., Hayata Y., 2009. A Novel method used for the aroma evaluation of strawberry Fruits: Aroma Extract Dilution-Strip Analysis. ISHS Acta Horticulturae 842: VI International Strawberry Symposium.
- Li, H., Larsen, D. H., Cao, R., van de Peppel, A. C., Tikunov, Y. M., Marcelis, L. F., ... and Schouten, R. E. 2022. The association between the susceptibility to *Botrytis cinerea* and the levels of volatile and non-volatile metabolites in red ripe strawberry genotypes. *Food Chemistry*, 393, 133252.
- Liu, Z. J., and Cordes, J. F. 2004. DNA marker technologies and their applications in aquaculture genetics. *Aquaculture*, 238(1-4), 1-37.
- Maas JL, Wang SY, Galetta GJ. 1996. Heath Enhancing Properties of Strawberry Fruit. In : Pritts, M. P., Chandler, C. K. and Crocker, T.E. (eds9. Proceeding of The V North American Strawberry Conference, Orlando, Florida. ss:11-18.
- Maffei, M. E. 2010. Changes in biosynthesis of aroma volatile compounds during on-tree maturation of “Pink Lady” apples. *South Afr. J. Bot*, 76, 612-631.
- Maleki Dana, P., Sadoughi, F., Asemi, Z., and Yousefi, B. 2022. The role of polyphenols in overcoming cancer drug resistance: A comprehensive review. *Cellular & Molecular Biology Letters*, 27(1), 1-26.
- Mangandi, J., Verma, S., Osorio, L., Peres, N. A., van de Weg, E., and Whitaker, V. M. 2017. Pedigree-based analysis in a multiparental population of octoploid strawberry reveals QTL alleles conferring resistance to *Phytophthora cactorum*. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 7(6), 1707-1719.
- Menager, I., Jost M., Aubert C., 2004. Changes in physico-chemical characteristics and volatile constituents of strawberry during maturation *J. Agric. Food Chem.* 52.1248-1254.
- Muñoz, P., Castillejo, C., Gómez, J. A., Miranda, L., Lesemann, S., Olbricht, K., ... and Amaya, I. 2023. QTL analysis for ascorbic acid content in strawberry fruit reveals a complex genetic architecture and association with GDP-L-galactose phosphorylase. *Horticulture research*, 10(3), uhad006.
- Negri, A. S., Allegra, D., Simoni, L., Rusconi, F., Tonelli, C., Espen, L., and Galbiati, M. (2015). Comparative analysis of fruit aroma patterns in the domesticated wild strawberries “Profumata di Tortona”(F. *moschata*) and “Regina delle Valli”(F. *vesca*). *Frontiers in Plant Science*, 6, 56.
- Ogundiwin, E. A., Peace, C. P., Gradziel, T. M., Parfitt, D. E., Bliss, F. A., and Crisosto, C. H. 2009. A fruit quality gene map of *Prunus*. *BMC genomics*, 10, 1-13.
- Olbricht, K., Grafe, C., Weiss, K., and Ulrich, D. 2008. Inheritance of aroma compounds in a model population of *Fragaria* × *ananassa* Duch. *Plant breeding*, 127(1), 87-93.
- Olbricht, K., Ulrich, D., Weiss, K., and Grafe, C. (2011). Variation in the amounts of selected volatiles in a model population of *Fragaria* × *ananassa* Duch. As influenced by harvest year. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(3), 944-952.

- Osman, A., Jordan, B., Lessard, P. A., Muhammad, N., Haron, M. R., Riffin, N. M., ... and Housman, D. E. 2003. Genetic diversity of *Eurycoma longifolia* inferred from single nucleotide polymorphisms. *Plant Physiology*, 131(3), 1294-1301.
- Ozcan, G., and Barringer, S. 2011. Effect of enzymes on strawberry volatiles during storage, at different ripeness level, in different cultivars, and during eating. *Journal of food science*, 76(2), C324-C333.
- Öz, A. T., and Kafkas, E. 2022. Volatile compositions of strawberry fruit during shelf life using pre and postharvest hexanal treatment. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(6), e16464.
- Öztürk Erdem S, Çekiç Ç. 2017. Geçmişten Günümüze Çilek Islahı. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 6(3): 115-105.
- Padilla-Jiménez, S. M., Angoa-Pérez, M. V., Mena-Violante, H. G., Oyoque-Salcedo, G., Montañez-Soto, J. L., and Oregel-Zamudio, E. 2021. Identification of Organic Volatile Markers Associated with Aroma during Maturation of Strawberry Fruits. *Molecules*, 26(2), 504.
- Palliotti, A., and Cartechini, A. 1998, August. Cluster thinning effects on yield and grape composition in different grape vine cultivars. In XXV International Horticultural Congress, Part 2: Mineral Nutrition and Grape and Wine Quality 512 (pp. 111-120).
- Passa, K., Simal, C., Tsormpatsidis, E., Papasotiropoulos, V., and Lamari, F. N. 2023. Monitoring of Volatile Organic Compounds in Strawberry Genotypes over the Harvest Period. *Plants*, 12(9), 1881.
- Pérez, A. G., Olías, R., Espada, J., Olías, J. M., and Sanz, C. 1997. Rapid determination of sugars, nonvolatile acids, and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(9), 3545-3549.
- Pérez, A. G., Olías, R., Luaces, P., and Sanz, C. 2002. Biosynthesis of strawberry aroma compounds through amino acid metabolism. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(14), 4037-4042.
- Pérez, A. G., Olías, R., Sanz, C., and Olías, J. M. 1996. Furanones in strawberries: evolution during ripening and postharvest shelf life. *Journal of agricultural and food chemistry*, 44(11), 3620-3624.
- Perez, A. G., Rios, J. J., Sanz, C., and Olías, J. M. 1992. Aroma components and free amino acids in strawberry variety Chandler during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(11), 2232-2235.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rafalski, J. A. 2002. Novel genetic mapping tools in plants: SNPs and LD-based approaches. *Plant science*, 162(3), 329-333.
- Re, L. Maurer, B., Ohloff., 1973. Ein Einfacher zugang zu 4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone (furanol) einem aromabestandteil und erdbeere. *Helv. Chim. Acta* 56:1882-1894.
- Rey-Serra, P. Mnejja, M. and Monfort, A. 2021. Shape, firmness and fruit quality QTLs shared in two non-related strawberry populations. *Plant Science*, 311, 111010.

- Rey-Serra, P. Mnejja, M. and Monfort, A. 2022. Inheritance of esters and other volatile compounds responsible for the fruity aroma in strawberry. *Frontiers in plant science*, 13, 959155.
- Roth, E., Berna, A., Beullens, K., Yarramraju, S., Lammertyn, J., Schenk, A., and Nicolaï, B. 2007. Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 45(1), 11-19.
- Sabatini, L., Fraternale, D., Di Giacomo, B., Mari, M., Albertini, M. C., Gordillo, B., ... and Colomba, M. 2020. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activity of *Prunus spinosa* L. fruit ethanol extract. *Journal of Functional Foods*, 67, 103885.
- Salazar, J. A., Pacheco, I., Shinya, P., Zapata, P., Silva, C., Aradhya, M., ... and Infante, R. 2017. Genotyping by sequencing for SNP-based linkage analysis and identification of QTLs linked to fruit quality traits in Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Frontiers in Plant Science*, 8, 476.
- Samad, S., Kurokura, T., Koskela, E., Toivainen, T., Patel, V., Mouhu, K., ... and Hytönen, T. 2017. Additive QTLs on three chromosomes control flowering time in woodland strawberry (*Fragaria vesca* L.). *Horticulture Research*, 4.
- Samykanno, K. Pang, E., and Marriott, P. J. 2013. Genotypic and environmental effects on flavor attributes of 'Albion' and 'Juliette' strawberry fruits. *Scientia Horticulturae*, 164, 633-642.
- Schieberle, P., and Hofmann, T. 1997. Evaluation of the character impact odorants in fresh strawberry juice by quantitative measurements and sensory studies on model mixtures. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45(1), 227-232.
- Schwab, W., Davidovich-Rikanati, R., and Lewinsohn, E. 2008. Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *The plant journal*, 54(4), 712-732.
- Schwieterman, M. L., Colquhoun, T. A., Jaworski, E. A., Bartoshuk, L. M., Gilbert, J. L., Tieman, D. M., ... and Clark, D. G. (2014). Strawberry flavor: diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception. *PloS one*, 9(2), e88446 *Sciences*, 25(5), 399-415.
- Seddon, J. M., Parker, H. G., Ostrander, E. A., and Ellegren, H. 2005. SNPs in ecological and conservation studies: a test in the Scandinavian wolf population. *Molecular Ecology*, 14(2), 503-511.
- Shiers, V., Adechy, M., and Squibb, A. 1999. A new mass spectrometry-based Electronic Nose for headspace characterisation. *Electronic noses and sensor array based systems*, 289-295.
- Siddique, M. I., Han, K., Lee, J., Lee, E. S., Lee, Y. R., Lee, H. E., ... and Kim, D. S. 2021. QTL analysis for chlorophyll content in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) leaves. *Agriculture*, 11(11), 1163.
- Smith, C. T., Elfstrom, C. M., Seeb, L. W., and Seeb, J. E. 2005. Use of sequence data from rainbow trout and Atlantic salmon for SNP detection in Pacific salmon. *Molecular Ecology*, 14(13), 4193-4203.
- Solids in Strawberries. *Hort Science*, 27:1326.
- TÜİK, 2022. www.Tuik.Gov.Tr (Erişim Tarihi: 11/01/2024).
- Türemiş N, Ağaoğlu YS. 2013. Çilek. Üzümsü Meyveler, Editörler: Ağaoğlu S, Gerçekcioğlu R. Tomurcuk bağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, No:1, Ankara. ss: 57-120.

- Ulrich, D., and Olbricht, K. 2016. A search for the ideal flavor of strawberry-Comparison of consumer acceptance and metabolite patterns in *Fragaria* × *ananassa* Duch. *Journal of applied botany and food quality*, 89.
- Ulrich, D., Hoberg, E., Rapp, A., and Kecke, S. 1997. Analysis of strawberry flavour–discrimination of aroma types by quantification of volatile compounds. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 205, 218-223.
- Ulrich, D., Komes, D., Olbricht, K., and Hoberg, E. 2007. Diversity of aroma patterns in wild and cultivated *Fragaria* accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 1185-1196.
- Urrutia, M., Rambla, J. L., Alexiou, K. G., Granell, A., and Monfort, A. 2017. Genetic analysis of the wild strawberry (*Fragaria vesca*) volatile composition. *Plant Physiology and Biochemistry*, 121, 99-117.
- Urruty L., Giraudel J., Lek S., Roudeillac P. And Montury M., 2002. Assessment of strawberry aroma through Spme/Gc and ANN Methods. Classification and Discrimination of Varieties. *J.Agric. Food Chem.* 50, 3129-3136.
- Vallarino, J. G., Jun, H., Wang, S., Wang, X., Sade, N., Orf, I., ... and Brotman, Y. 2023. Limitations and advantages of using metabolite-based genome-wide association studies: Focus on fruit quality traits. *Plant Science*, 111748.
- Vallarino, J. G., Pott, D. M., Cruz-Rus, E., Miranda, L., Medina-Minguez, J. J., Valpuesta, V., ... and Amaya, I. 2019. Identification of quantitative trait loci and candidate genes for primary metabolite content in strawberry fruit. *Horticulture research*, 6.
- Van Dijk, T., Pagliarani, G., Pikunova, A., Noordijk, Y., Yilmaz-Temel, H., Meulenbroek, B., Visser, R.G., van de Weg, E., 2014. Genomic rearrangements and signatures of breeding in the allo-octoploid strawberry as revealed through an allele dose based SSR linkage map. *BMC Plant Biology* 14, 55.
- Van Straen, S., 1980. *Volatile Compounds in Food*, miss j.c. de beaveser, miss c.a. visscher(editör). Division for Nutrition And Food Research Tno.
- Vandendriessche, T., Nicolai, B. M., and Hertog, M. L. A. T. M. 2013. Optimization of HS SPME fast GC-MS for high-throughput analysis of strawberry aroma. *Food Analytical Methods*, 6, 512-520.
- Vermeir, S. M. L. A. M., Hertog, M. L. A. T. M., Vankerschaver, K., Swennen, R., Nicolai, B. M., & Lammertyn, J. 2009. Instrumental based flavour characterisation of banana fruit. *LWT-Food Science and Technology*, 42(10), 1647-1653.
- Vigouroux, Y., Mitchell, S., Matsuoka, Y., Hamblin, M., Kresovich, S., Smith, J. S. C., ... and Doebley, J. 2005. An analysis of genetic diversity across the maize genome using microsatellites. *Genetics*, 169(3), 1617-1630.
- Vilanova, M., Genisheva, Z., Bescansa, L., Masa, A., and Oliveira, J. M. 2012. Changes in free and bound fractions of aroma compounds of four *Vitis vinifera* cultivars at the last ripening stages. *Phytochemistry*, 74, 196-205.
- Voorrips RE., 2002. MapChart2.1. <http://www.plant.wageningenur.nl/products/mapping/MapChart>.

- Weebadde, C. K., Wang, D., Finn, C. E., Lewers, K. S., Luby, J. J., Bushakra, J., ... And Hancock, J. F. 2008. Using a linkage mapping approach to identify QTL for day-neutrality in the octoploid strawberry. *Plant breeding*, 127(1), 94-101.
- Were, E., Schöne, J., Viljoen, A., and Rasche, F. 2022. Phenolics mediate suppression of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 by legume root exudates. *Rhizosphere*, 21, 100459.
- Whitaker, V. M., Chandler, C. K., Santos, B. M., & Peres, N. A., 2008. Florida Radiance's strawberry. Fla. Coop. Ext. Serv. Hs1151.
- Wyllie, S. G. 2008. Flavour quality of fruit and vegetables: are we on the brink of major advances?. In *Fruit and Vegetable Flavour* (pp. 3-10). Woodhead Publishing
- Zabetakis, I., & Holden, M. A. 1997. Strawberry flavour: analysis and biosynthesis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(4), 421-434.
- Zamorska, I. 2022. Volatile Components of Strawberries. In *Strawberries*. IntechOpen.
- Zhang, R. 2020. Genetic analysis of fruit flavor and aroma volatile compounds in wild strawberry.
- Zhang, Z., Yu, S., Zhang, Z., Zhang, J., and Li, H. 2023. Comparative Characterization of Fruit Volatiles and Volatile-Related Genes Expression of 'Benihoppe' Strawberry and Its Somaclonal Mutant. *Plants*, 12(5), 1109.
- Zheng, S., Cai, J., Huang, P., Wang, Y., Yang, Z., & Yu, Y. 2023. Determination of volatile profiles of woodland strawberry (*Fragaria vesca*) during fruit maturation by HS-SPME GC-MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Zorrilla-Fontanesi, Y., Cabeza, A., Domínguez, P., Medina, J. J., Valpuesta, V., Denoyes-Rothan, B., ... And Amaya, I. 2011. Quantitative trait loci and underlying candidate genes controlling agronomical and fruit quality traits in octoploid strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). *Theoretical and applied genetics*, 123(5), 755-778.
- Zorrilla-Fontanesi, Y., Rambla, J. L., Cabeza, A., Medina, J. J., Sánchez-Sevilla, J. F., Valpuesta, V., ... And Amaya, I. 2012. Genetic analysis of strawberry fruit aroma and identification of O-methyltransferase FaOMT as the locus controlling natural variation in mesifurane content. *Plant physiology*, 159(2),



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı. Adı :EKŞİ Esra

Eğitim

Derece

Kurum

Yüksek Lisans

Harran Üniversitesi

Lisans

Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi

Ortaöğretim

Kozan 50.Yıl Anadolu Lisesi

Yayınlar

1. Parmaksız. A.. and Eksi. E. (2017). Genetic diversity of the cyprinid fish *Capoeta trutta* (Heckel. 1843) populations from Euphrates and Tigris rivers in Turkey based on mtDNA COI sequences. *Indian Journal of Fisheries*. 64(1). 18-22.
2. Polat. Y.. Oğuz. İ.. Ekşi. E.. Kafkas. E.. Çelik. F. (2022). Nar (*Punica Granatum L.*) ‘In Türkiye’deki Potansiyel Durumu ve Yapılan Bilimsel Çalışmalar. *Agro International Conference On Agriculture*. Bakü. Azerbaycan.
3. Polat. Y.. Ekşi. E.. Kafkas. E.. Çelik. F. (2022). Kalamondin ve Nagami Turunçgil (*Citrus Aurantium L.*) Çeşitlerinin Bazı Fitokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *8th International Erciyes Conference On Scientific Research*. Kayseri. Türkiye.
4. Polat. Y.. Ekşi. E.. Özgören. B.. Kafkas. E.. Kafkas. S. (2022). Determination Of Some Phytochemical Properties Of Sarılop And Fethiye Kayasi Fig (*Ficus Carica L.*) Cultivars. *Ispac 10th International Conference On Agriculture. Animal Sciences And Rural Development*. Sivas. Türkiye.
5. Polat. Y.. Oğuz. İ.. Ekşi. E.. Kafkas. E.. Çelik. F. (2022). Comparison Of Kumquat (*Fortunella Spp.*) Volatiles Using Various Spme Fibers By Gc/Ms Techniques And Determination Of The Total Phenol And Antioxidant Compounds. *International Citrus Congress*. Mersin. Türkiye.