



**T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE’NİN FARKLI YÖRELERİNDEN TOPLANAN FASULYE GEN
KAYNAKLARINDA, A VİTAMİNİ İLE İLİŞKİLİ GENOTİPİK
ÇEŞİTLİLİĞİN ve DArTseq MARKÖRLERİNİN BELİRLENMESİ**

YETER ÇİLESİZ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**HATAY
OCAK - 2023**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’NİN FARKLI YÖRELERİNDEN TOPLANAN FASULYE GEN
KAYNAKLARINDA, A VİTAMİNİ ile İLİŞKİLİ GENOTİPİK
ÇEŞİTLİLİĞİN ve DArTseq MARKÖRLERİNİN BELİRLENMESİ**

YETER ÇİLESİZ
ORCID:0000-0002-4313-352X

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Danışman
Prof. Dr. AHMET İLÇİM
ORCID: 0000-0001-8169-2472

HATAY
OCAK - 2023

05/01/2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmzası

YETER ÇİLESİZ

ÖZET

TÜRKİYE’NİN FARKLI YÖRELERİNDEN TOPLANAN FASULYE GEN KAYNAKLARINDA, A VİTAMİNİ ile İLİŞKİLİ GENOTİPİK ÇEŞİTLİLİĞİN ve DArTseq MARKÖRLERİNİN BELİRLENMESİ

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) protein, karbonhidrat, vitamin, diyet lifi ve mineral maddeler yönünden oldukça zengin, dengeli beslenmede oldukça besleyici, kalorisi düşük, sağlıklı ve güvenli bir gıda kaynağıdır. Günümüzde her üç kişiden birinin mikro besin eksikliği ile karşı karşıya olduğu ve mikro besin yetersizliğinin iki milyardan fazla insanı etkileyerek büyük bir tehdit oluşturduğu belirtilmiştir. Yetersiz beslenmenin önüne geçebilmek için alternatif çözüm yollarından biri; insanların günlük diyetlerinde yer alan tarımsal ürünlerin tüketilen kısımlarının protein, vitamin ve besin içerikleri bakımından zenginleştirilmesidir. Bu çalışmanın amacı, A vitamini bakımından daha zengin içeriğe sahip olan fasulye genotiplerini ve ilişkili markörleri belirlemek, daha zengin vitamin içeriğine sahip fasulye çeşitlerinin geliştirilmesine katkı sağlamak ve A vitamini eksikliğinden kaynaklanan hastalıkların giderilmesinde biyofortifikasyon çalışmalarına destek olmaktır. Çalışma kapsamında 182 adet yerel fasulye genotipi ve 6 adet ticari çeşit (Akman, Göynük, Karacaşehir, Önceler, Göksun, Akdağ) olmak üzere toplam 188 adet fasulye genotipi materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Türkiye'nin 19 ilinden toplanan yerel fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde A vitamini içeriği bakımından önemli oranda varyasyon saptanmıştır. Yapılan varyans analizi (ANOVA) sonucunda A vitamini içeriği bakımından çevre ve genotip x çevre interaksiyonunun istatistiksel olarak yüksek oranda anlamlı olduğu saptanmıştır. Tüm yıl ve lokasyon verileri birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek A vitamini içeriğine sahip genotip; fasulye yerel çeşitlerinde “Civril-Bolu”, ticari çeşitlerde Akman olmuştur. Beş çevrede üstün performans gösteren toplam 13 fasulye genotipi (Civril-Bolu, Balıkesir-3, Balıkesir-4, Balıkesir-5, Balıkesir-6, Balıkesir-18, Balıkesir-20, Elazığ-7, Elazığ-25, Elazığ-29, Muş-50, Sivas-4, Sivas-17) belirlenmiştir. Çalışmada, DArTseq markör tekniği kullanılarak GWAS analizi yapılmıştır. DArTseq firmasından temin edilen 11.839 markör içinden 7.900 markör seçilerek GWAS analizi için kullanılmıştır. DArTseq markörleri içerisinde A vitamini ile ilişkili 6. kromozom üzerinde dağılım gösteren 3367588 numaralı sadece bir markör önemli bulunmuştur. Tespit edilen bu markör, A vitamini içeriği bakımından fasulye genotiplerinin besinsel değerini arttırmak için kullanılarak, insanlığın yetersiz beslenme sorunlarının çözümüne katkı sağlayabilecektir. Bunun yanında elde ettiğimiz bulgular sonucunda, kalite özelliklerinden biri olan A vitamini içeriği bakımından detaylı analizi yapılan genotiplerin üstün performans gösteren yerel ve ticari çeşitleri, ıslah programı kapsamında daha kaliteli ve verimli fasulye çeşidi geliştirmeye yönelik çalışmalarda kullanılabilecektir.

2023, 59 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Phaseolus vulgaris* L., vitamin A, markör, varyasyon

ABSTRACT

DETERMINATION of VITAMIN A-RELATED GENOTYPIC VARIETY and DArTseq MARKERS in BEAN GENE SOURCES COLLECTED from DIFFERENT REGIONS of TURKEY

Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is a very nutritious, healthy and safe food source in a balanced diet, rich in protein, carbohydrates, vitamins, dietary fiber and mineral substances, low in calories. It has been stated that one in three people in the world is faced with a micronutrient deficiency and today, micronutrient deficiency is a major threat by affecting more than two billion people. One of the alternative solutions to prevent malnutrition; It is the enrichment of the consumed parts of agricultural products in the daily diet of people in terms of protein, vitamin and nutritional content. In this study, it was aimed to determine the genotypes richer in vitamin A content and related markers in bean gene sources, which have an important place in our daily diet, to be used in breeding, to develop bean varieties with richer vitamin content and to contribute to the elimination of diseases caused by vitamin deficiency. Within the scope of the study, a total of 188 bean genotypes, including 182 local bean cultivars and 6 commercial cultivars (Akman, Göynük, Karacaşehir, Önceler, Göksun, Akdağ) were used as material. Augmented trial design was used in field trials established in two different locations, Sivas in 2017, 2018 and 2021, and Bolu in 2017 and 2018. As a result of the study, variation was determined in terms of vitamin A content in local bean (*Phaseolus vulgaris* L.) gene sources collected from 19 provinces of Turkey. As a result of analysis of variance (ANOVA), it was determined that the interaction between environment and genotype x environment was statistically highly significant in terms of vitamin A content. When all years and locations are evaluated together, the genotype with the highest vitamin A content; While the genotype was "Civril-Bolu" in local bean cultivars, it was Akman cultivar in commercial cultivars. A total of 13 bean genotypes showing superior performance in five environments (Civril-Bolu, Balıkesir-3, Balıkesir-4, Balıkesir-5, Balıkesir-6, Balıkesir-18, Balıkesir-20, Elazığ-7, Elazığ-25, Elazığ-29, Muş-50, Sivas-4, Sivas-17) determined. In the study, GWAS analysis was performed using the DArTseq marker technique. 7,900 markers were selected from 11,839 markers obtained from DArTseq and used for GWAS analysis. A positive and significant relationship with vitamin A was determined in the DArTseq marker technique. Among the DArTseq markers, only one marker, numbered 3367588, distributed on the 6th chromosome associated with vitamin A, was found to be significant. This determined marker will be used to increase the nutritional value of beans and will contribute to the solution of the malnutrition problem of humanity. In addition, as a result of our findings, local and commercial varieties showing superior performance among the genotypes analyzed in detail in terms of vitamin content, which is one of the quality characteristics, can be used in studies to develop better quality and productive bean varieties within the scope of breeding program.

2023, 59 pages

Key Words: *Phaseolus vulgaris* L., vitamin A, marker, variation

TEŞEKKÜR

Bir öğrencinin en büyük şansı öğretmenidir. Doktora süreci sayesinde tanışmaktan büyük onur ve mutluluk duyduğum, desteği ve ilgisiyle her zaman yanımda olan, gerek doktora tez konumun belirlenmesinde gerek araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmalarına ışık tutan, gösterdiği müthiş sabır, anlayış, yardımseverlik ve tüm katkıları için çok kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Ahmet İLÇİM'e sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Akademik hayatım boyunca varlığı ile bana önemli bir rol model oluşturan, bu süreci benim için hem eğitici hem de keyifli kılan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, tez konumun belirlenmesi ve çalışmaların takibinde profesyonel yaklaşımları ve öngörülerini ile doktora çalışmalarımı zenginleştiren, analizlerim için her türlü imkân ve şartları seferber eden ve tezimin eş danışmanlığını üstlenen çok kıymetli hocam Prof. Dr. Tolga KARAKÖY'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım süresince, tüm laboratuvar çalışmalarında yapmış oldukları katkı ve yardımlarının yanında birlikte çalışmaktan çok keyif aldığım, büyük bir özveri ile her zaman yanımda olan dostum Dr. Öğr. Üyesi Muhammad AZHAR NADEEM'e, desteğini hiç esirgemeyen, motivasyonumu her zaman yüksek tutmama yardımcı olan kıymetli arkadaşım İlker YÜCE'ye ve eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, bana her zaman güvenen ve daima yanımda olan canım aileme en derin duygularıyla sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Doktora çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Ahmet İLÇİM, Prof. Dr. Volkan ALTAY ve Prof. Dr. Şengül KARAMAN'a, tez çalışmalarım sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi (HMKÜ) Fen Fakültesi Biyoloji Bölüm Başkanlığı'na ve HMKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, 1200920 numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Bu proje Doç. Faheem Shahzad BALOCH tarafından yürütülmüş (TOVAG-2150630) ve daha önce tamamlanmış bir projenin devamı niteliğindedir. Genotipik veriler ve dört çevreye ait gen kaynakları TOVAG-2150630 projesinden alınmıştır. Bu veriler, A vitamini ile ilişkili DArTseq markerlarını belirlemek için GWAS analizinde kullanılmıştır. Tez çalışmamı sağladığı kaynaklar için Doç. Dr. Faheem Shahzad BALOCH'a teşekkür ederim. Tez çalışmasının yürütülmesinde sağladıkları katkılardan dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Moleküler Marker Çalışmaları	7
2.2. Vitamin İçeriği Belirleme Çalışmaları	9
2.3. Varyasyon Çalışmaları	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Denemenin Yürütüldüğü Lokasyon ve Lokasyonun İklim ve Toprak Özellikleri	19
3.3. Tarla Denemesi ve Deneme Deseni	21
3.4. Yöntem	23
3.4.1. Kimyasal Maddeler ve Malzemeler.....	23
3.4.2. Kullanılan Cihazlar.....	24
3.4.3. Numunelerin HPLC Analizine Hazırlanması	24
3.4.4. A Vitamini Stok Solüsyonunun Hazırlanması	25
3.4.5. Numunelerin HPLC Analizi ile Vitamin A Tayini.....	26
3.5. Moleküler Analizler.....	28
3.5.1. DNA İzolasyonu	28
3.5.2. DNA Konsantrasyonu	29
3.5.3. İstatistiksel analizler	36
3.5.4. Moleküler Markör (DArTseq) Analizi	36
3.5.5. Sekanslama ile Genotipleme Analizi.....	37
3.5.6. Popülasyon yapısı ve GWAS analizi.....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	38
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı il, ilçe, köy, yükselti ve koordinat bilgileri	14
Çizelge 3.2. Araştırmanın yürütüldüğü Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarımsal AR-GE Merkezi deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	19
Çizelge 3.3. Araştırmanın Yürütüldüğü Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesine ait deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	20
Çizelge 3.4. Denemenin yürütüldüğü Sivas lokasyonu 2017, 2018 ve 2021 yıllarına ait iklim verileri.....	20
Çizelge 3.5. Denemenin yürütüldüğü Bolu lokasyonu 2017 ve 2018 yıllarına ait iklim verileri	21
Çizelge 3.6. Kullanılan HPLC sistem özellikleri.....	25
Çizelge 3.7. Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019).....	29
Çizelge 4.1. Fasulye genotiplerinin A vitamini içeriğine ($\mu\text{g}/100\text{g}$) ait maksimum, minimum ve standart sapma değerleri	38
Çizelge 4.2. Fasulye genotiplerinin Ana Bileşen Analizi sonuçları.....	39
Çizelge 4.3. Fasulye gen kaynaklarında A vitamini içeriği ($\mu\text{g}/100\text{g}$) değerleri	40
Çizelge 4.4. Fasulye gen kaynaklarında A vitamini varyans analizi ve kalıtım derecesi.....	46
Çizelge 4.5. Türk fasulye gen kaynaklarında bazı vitamin içerikleri için istatistiki açıdan önemli düzeyde ilişkili DArTseq markörleri	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı iller.....	13
Şekil 3.2. Tarla denemelerinden görünüm.....	22
Şekil 3.3. Sarılıcı fasulye genotiplerine herekleme işleminden bir görünüm	23
Şekil 3.4. Fasulye hasat işleminden bir görünüm	23
Şekil 3.5. HPLC’de yapılan analiz aşamasından görünüm.....	27
Şekil 3.6. Örneklerin analize hazırlanması aşamasından görünüm.....	27
Şekil 4.1. Fasulye gen kaynaklarına ait benzerlik takımyıldızı grafiği.....	47
Şekil 4.2. Fasulyede DArTseq markörleri kullanarak oluşturulan A vitaminine ait Manhattan grafiği	48



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
Ha	: Hektar
Da	: Dekar
µg	: mikrogram
mg	: miligram
g	: gram
kg	: kilogram
mL	: mililitre
µL	: mikrolitre
min	: Dakika
ppm	: part per million (milyon birimde bir birim)
rpm	: rotation per minute (dakikadaki dönme sayısı)

KISALTMALAR

TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
CGIAR	: Uluslararası Tarımsal Araştırmalar Danışma Grubu
TTSM	: Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü
QTL	: Kantitatif Özellik Lokusları
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
GWAS	: Genom Çapında İlişkilendirme Çalışmaları
NCBI	: Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi
BLAST	: Temel Yerel Hizalama Arama Aracı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
ABA	: Ana Bileşen Analizi
ANOVA	: Varyans Analizi
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
CTAB	: Cetyltrimethylammonium Bromide

1. GİRİŞ

Yeterli miktarda ve kaliteli gıdaya erişebilmek, dünyadaki her insanın en temel hakkıdır (Khush ve ark., 2012). Dünya nüfusunun, 2050 yılında yaklaşık olarak 10 milyar kişiye ulaşacağı ve bunun sonucunda yetersiz beslenme, güvenli gıdaya erişimdeki sorunlar ve açlık gibi olumsuzlukların günümüze oranla daha çok artacağı tahmin edilmektedir (Long ve ark., 2015; FAO, 2021a). Vücudun ihtiyaç duyduğu enerjiyi temin edebilmek ve en önemlisi sağlıklı yaşayabilmek için, yeterli düzeyde gıda alımına ihtiyaç vardır (Welch ve Graham, 2004). Gıda talebindeki bu istikrarlı artışı karşılayabilmek için, gıda üretiminin %60-110 arasında artırılması gerektiği düşünülmektedir (Godfray ve ark., 2010; Tilman ve ark., 2011). FAO (2021) verilerine göre; dünyada ekim alanı, üretimi ve verim değerlerinde son beş yılda önemli düzeyde artış gözlenen gıda gruplarından biri baklagillerdir. Dünyada yaygın olarak yetiştirilen yemeklik tane baklagiller arasında en fazla ekilenler sırasıyla fasulye, nohut, börülce, bezelye, mercimek ve bakla iken, ülkemizde bu sıralama nohut, mercimek, fasulye, bakla, bezelye şeklindedir (FAO, 2021a; TÜİK, 2021). 2020 yılında fasulye dünya genelinde yaklaşık olarak 348 milyon da alana ekilmiş olup, 27 milyon ton ürün elde edilmiştir. Türkiye’de ise 2020 yılında 1 milyon da alanda ekim yapılmış olup 279.518 ton fasulye üretimi yapılmıştır (FAO, 2021a; TÜİK, 2021). Türkiye, fasulye yetiştiriciliğinde önemli bir üretici ülke konumundadır. Dünya genelinde ve ülkemizde baklagil yetiştiriciliğine bu kadar önem verilmesinin temel sebeplerinden biri; *Fabaceae* familyasına ait olan yemeklik tane baklagillerin, insan sağlığı bakımından oldukça faydalı ve besleyici olmasının yanında (Petry ve ark., 2015) en eski uygarlıklardan beri temel gıda kaynağı olarak kullanılmasıdır (Craig, 2009).

Yemeklik tane baklagillerin bir üyesi olan fasulye, diploid (genom boyutu ~520Mbp; $2n=2x=22$), kendine döllen tek yıllık bir bitkidir (Kwak ve Gepts, 2009). Bilimsel adı *Phaseolus vulgaris* L. olan fasulye bitkisinin kökeni Amerika (Meksika ve Orta Amerika) olarak bilinmektedir. Fasulye, Amerika’nın keşfedilmesinden sonra dünyada birçok bölgeye taşınmış ve yetiştiriciliği yapılmaya başlanmıştır. Orta Amerika ve And (Güney Amerika) olmak üzere 2 ana gen merkezine sahip olan fasulye, Asya, Avrupa, Amerika ve Afrika kıtalarında büyük oranda üretilmektedir. Yoğun bir şekilde yetiştiriciliği yapılan bu bölgelerde fasulye, büyük bir genetik çeşitliliğe sahiptir (Lioi ve

Piergiiovanni, 2013). Fasulye taneleri genellikle kurutulmakta, baklaları ise taze olarak kullanılmaktadır (Broughton ve ark., 2003). Günümüzde *Phaseolus* cinsine bağlı birçok tür bulunmaktadır. Bu türlerin bir kısmı yabani formda doğada yetişirken bir kısmı ise kültüre alınmaktadır. Bu türlerden bazıları: *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus acutifolius*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus aureus*, *Phaseolus lunatus* şeklindedir (Geçit ve ark., 2011). Dünya genelinde yetiştiriciliği en yaygın olan ve ekonomik değeri yüksek olan tür, *Phaseolus vulgaris*'dir (Freytag ve Debouck, 2002; Porch ve ark., 2013).

Taksonomisi (Bellucci ve ark., 2014):

- ✓ Alem: *Plantae*
- ✓ Bölüm: *Magnoliophyta*
- ✓ Sınıf: *Magnoliopsida*
- ✓ Alt Sınıf: *Rosidae*
- ✓ Takım: *Fabales*
- ✓ Familya: *Fabaceae*
- ✓ Cins: *Phaseolus*

Fasulyenin sahip olduğu dallanmış kök sistemi; birincil (ana) kök (Geçit ve ark., 2011), değişken sayıda (8-16) bazal kök (Basu ve ark., 2007), yan kökler ve hipokotil kaynaklı köklerden oluşmaktadır (Rubio ve Lynch, 2007). Köklerinde bulunan *Rhizobium phaseoli* bakterileri ile havadaki serbest azotu bitkinin kullanabileceği forma dönüştürmektedir. Bu özellik sayesinde toprağın organik madde ve azot bakımından zenginleşmesini sağlayan iyi bir ekim nöbeti bitkisi olarak bilinmektedir (Graham ve Vance, 2002).

Fasulye bitkisi, gövde yapısına göre sırk (sarılıcı büyüyen) ve bodur (dik büyüyen) olarak iki gruba ayrılır. Yaprak rengi yeşil, yaprak şekli ise kalp şeklinde, ucu sivri, üçlü bileşik yapıdadır. Bitkinin bir aylık süreçte gelişen yaprakları kotiledon, sonrasında gelişenler ise gerçek yapraklardır ve tüylü yapıdadır. Yaprak yapısı ve şekli çeşitler arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Fasulye çeşitleri arasında değişkenlik gösterebilen çiçek rengi; kırmızı, pembe, mor, sarı olabilmektedir (Geçit ve ark., 2011). Fasulyenin meyvesi olan baklalar ise düz, kıvrık veya S şeklinde farklı formlarda bulunabilmektedir. Bunun yanında baklalar yapısal olarak yassılık, uzunluk, dolgunluk,

renk, kılçıklı, kılçıksız, olarak çeşit karakterine göre büyük oranda farklılık gösterebilmektedir (Geçit ve ark., 2011). Fasulye bitkisi; karbonhidrat, protein (%10-30), vitamin (C, B, A) karbonhidrat, mineral madde (Cu, Fe, Mg, Ca, Mg, K ve Zn) içeriği bakımından zengindir (Alzate-Marin ve ark., 2003; Kaçar ve ark., 2004, Miklas ve ark., 2006). Fasulye; protein, karbonhidrat ve lif oranı yüksek, kalorisi ve yağ oranı düşük bir sebzedir. Sarioğlu ve Velioğlu (2018), fasulyenin 100 gramında yaklaşık olarak 1.35 g yağ, 32.17 g lif, 21.75 g protein ve 29.42 g karbonhidrat bulunduğunu bildirmiştir.

Toprak ve iklim istekleri bakımından birçok baklagil bitkisine kıyasla daha az seçici olan fasulye, ülkemizin hemen hemen her bölgesinde yetiştirilme potansiyeline sahiptir. Suyu iyi tutabilen ve organik madde içeriği yüksek topraklarda, sıcaklığın 15-21°C olduğu bölgelerde çoğunlukla yazlık olarak yetiştirilmektedir (Geçit ve ark., 2011).

Baklagiller, hayvansal gıdalara kıyasla daha ucuz olduğu için gelişmekte olan ülkelerde insan diyetlerinde sıkça tercih edilmektedir (Blair, 2013). Gelişmiş ülkelerde ise vejeteryan diyetle olan ilgi hızla artmaktadır (Craig ve Mangels, 2009). Baklagiller, yüksek oranda protein ve karbonhidrata sahip olmasının yanında diyet lifi, vitamin ve mineral içermektedir (Lopez-Amoro's, 2006). İnsan vücudu, temel besinler grubu içinde yer alan protein ve karbonhidrata duyduğu ihtiyaç kadar yeterli miktarda vitamine de ihtiyaç duymaktadır. Yeterli miktarda vitamin, insan vücudunun ihtiyaç duyduğu gıdalardan gelen vitamin olarak adlandırılmaktadır (Shaik ve Pachava, 2017). Vitaminler, insan vücudunda sentezlenemeyen (Fitzpatrick ve ark., 2012), beslenme yoluyla vücuda alınabilen (Shaik ve Pachava, 2017) metabolizmadaki moleküler reaksiyonların gerçekleşebilmesi için az konsantrasyonlarda olsa dahi gerekli olan mikro besinlerdir (West ve ark., 2015). Bugüne kadar tanımlanan toplam 13 vitamin bileşiği, yağ ve sudaki çözünürlüklerine göre iki gruba ayrılmıştır. Yağda çözünenler A, D, E ve K vitaminleri iken, suda çözünenler B kompleksi vitaminler (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12) ve C vitaminleridir (Lykstad ve Sharma, 2019). A, D, E ve K vitaminleri vücutta depolanabilmelerinin yanında metabolik olaylarda düzenleyici olarak rol almaktadırlar (Anonim, 2021). Yağda çözünen vitaminler içerisinde vitamin A, renksizdir ve yapısında beş adet çift bağ taşıyan uzun zincirli doymamış bir alkol yapısındadır. En zengin vitamin A kaynakları balık yağı, yumurta sarısı, süt, karaciğer ve havuçtur (Anonim, 2021). A vitamini insan vücudunda embriyo gelişimi, kemik ve organ oluşumu, görme duyusunun işlevi, bağışıklık sisteminin oluşumu, üreme gibi faaliyetlerde kilit rol oynayan mikro

besinlerden biridir (Akande ve ark., 2018). Vitamin A organizmada önemli fonksiyonlara sahip olduğu için yetersizliğinde; gece körlüğü, göz kuruluğu, çocuklarda büyüme geriliği, bağışıklık sisteminin zayıflaması ve ciltte kuruma gibi çeşitli hastalıklar ortaya çıkmaktadır (Sommer, 1995). A vitamininin “retinal”, “retinol” ve “retinoik asit” olarak üç farklı formu bulunmaktadır (Oruch ve Pryme, 2012). Bitkisel kaynaklar ile beslenildiğinde beta karoten formunda, hayvansal kaynaklar ile beslenildiğinde ise retinal ve retinol formlarında vücuda alınmakta ve sonrasında vitamin A’ya dönüştürülmektedir (Özata, 2014). A vitamininin büyük bir kısmı (%90) karaciğerde depolanırken, %10’luk kısmını göz, yağ doku ve kanda depolanmaktadır (Jiang ve ark., 2016).

A vitamini, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki çocuklarda, vücutta en az bulunan vitaminlerden biri olarak kabul edilmektedir (WHO, 2021a). Dünya’da 5 yaşın altındaki çocukların %30’unda, vitamin eksikliği olduğu ve bu yaşlardaki ölümlerin yaklaşık %2’sinin A vitamini eksikliğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Stevens ve ark., 2015). Çocuk körlüğünün temel sebeplerinden biri vücuttaki A vitamini eksikliğidir (Bennasir ve ark., 2010). A vitamini eksikliği hamilelik veya emzirme döneminde olan kadınlarda ölüme kadar giden sonuçlara yol açabilmektedir (Myhre ve ark., 2003). Vitaminlerin rutin yaşamda yeterli konsantrasyonda vücuda alınmaması, “gizli açlık” olarak da bilinen mikro besin yetersizliğine sebep olmaktadır. Günümüzde, mikro besin yetersizliği iki milyardan fazla insanı etkileyerek büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Frossard ve ark., 2000). Vitamin eksikliği, yeterli vitamin vücuda alınmadığında ortaya çıkan ve milyarlarca insanı tehdit ederek büyüme geriliğine sebep olan mikro besin eksikliğinin başlıca şeklidir (Chandrasekaran ve ark., 2015; Jiang ve ark., 2016). Vitamin eksikliği, sosyoekonomik ve psikolojik nedenlerden dolayı yetersiz veya dengesiz beslenmeden kaynaklanmaktadır. Çoğu insan tek yönlü beslenerek, farklı yiyecekler tüketmeyerek sadece benzer mineralleri ve vitaminleri bünyesine katmaktadır. Bu eksikliklerin üstesinden gelmenin tek yolu günlük diyetle çeşitlilik sağlamaktır (LeBlanc, 2018). Bu nedenle, uygun vitamin konsantrasyonuna sahip yiyecekleri seçerek vücut metabolizması için gerekli ihtiyacı karşılamak büyük önem taşımaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Tarımsal Araştırmalar Danışma Grubu (CGIAR) gibi kuruluşlar konunun önemini fark ederek, tarımsal ürünlerin tüketilen kısımlarının aminoasit, protein, vitamin ve besin elementleri bakımından zenginleştirilmesi gerektiğini öncelikli konu olarak kabul etmişlerdir (WHO, 2021a). Çözüm olarak ek gıda

takviyeleri ile yetersiz beslenmenin önüne geçilebileceği düşünülmüştür fakat gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki kırsal bölgede yaşayan hedef nüfusa farmokolojik takviyelerin ulaştırılmasının kolay olmaması ve ekonomik açıdan maliyetinin yüksek olması bu projenin hayata geçirilmesi zorlaştırmıştır. Alternatif çözüm yolunun biyofortifikasyon olduğu belirtilmiştir (Orman ve Hüseyin, 2016). Toplum tarafından en çok tüketilen ürünlerdeki vitamin ve besin içerikleri konsantrasyonlarının “agronomik uygulamalar” “transgenik teknikler” veya “bitki ıslahı” yöntemleri ile arttırılarak, insanlardaki noksanlığının giderilmesine biyofortifikasyon denilmektedir (Singh ve ark., 2017; Bouis ve Saltzman, 2017).

FAO tarafından paylaşılan rapor (2015), küresel olarak iki milyar insanın, diğer bir ifadeyle üç kişiden birisinin, mikro besin eksikliği ile karşı karşıya olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, insanların günlük diyetlerinde yer alan bitkilerin, bitki ıslahı teknikleri kullanılarak besin içeriklerinin zenginleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bitki ıslahı çalışmalarında, genetik varyasyonların belirlenmesini sağlayan ön koşul bitkisel gen kaynaklarının taranmasıdır. Bu genetik varyasyonlar, markör destekli bitki ıslah çalışmalarında ilgilenilen özellik için kullanılabilir (Baloch ve ark., 2017). İlgilenilen özellikler için genetik varyasyonlar, QTL haritalaması ve genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS) ile araştırılabilir (Nadeem ve ark., 2018). Biparental haritalama olarak da bilinen QTL haritalaması, ilgilenilen özellik ile ilişkilendirilen lokusların tanımlanmasını içeren bir yaklaşımdır. Bununla birlikte, QTL haritalamasının zaman alıcı olması, az sayıda rekombinasyon göstermesi ve tespit edilen QTL’in popülasyona özgü olması gibi birtakım dezavantajları bulunmaktadır (Nadeem ve ark., 2018). Bu sınırlamaların üstesinden gelebilmek için GWAS yöntemi önerilmektedir. GWAS yöntemi ile daha geniş bitkisel gen kaynaklarının tüm genom taraması sağlıklı bir şekilde yapılabilir. Bu yöntemle tanımlanmış markörler son derece güvenilir ve herhangi bir popülasyon için rahatlıkla kullanılabilir (Manousaki, 2020).

Fasulye, Türk mutfağında oldukça popülerdir ve sıkça tüketilmektedir (Blair ve ark., 2009). Hali hazırda küçük çiftçilerin tarlalarında bulunan yüzlerce yerel fasulye çeşidiyle yapılan üretim, ülke ekonomisine önemli bir katma değer sağlamaktadır (Nadeem ve ark., 2018; Aydın ve Baloch, 2019). Bugüne kadar, Türkiye’de toplam 39 kuru fasulye ve 200 taze fasulye ticari çeşidi tescil ettirilmiştir (TTSM, 2021). Öztürk ve

ark. (2009), son yıllarda Türkiye'de adaptasyon kabiliyeti yüksek yeni çeşitlerin üretimde kullanılması ile kuru fasulye veriminin kademeli olarak arttığını bildirmektedirler. Yerel çeşitler, bitkisel gen kaynaklarının önemli bir bileşeni olmakla birlikte, tarihsel bir arka plana, özel bir kimliğe, genetik çeşitliliğe ve aynı zamanda yetiştirildiği yöre ekolojik koşullarına olan adaptasyon yetenekleri ile çok büyük öneme sahip olan gen kaynaklarıdır (Villa ve ark., 2005). Yerel çeşitler, bitki ıslahındaki rolü ve yeni çeşitlerin geliştirilmesinde genitör olarak kullanılmaları gibi nedenlerle önemini hep korumuştur (Azeez ve ark., 2018). Fasulyenin biyofortifikasyon değerinin arttırılabilmesi için sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır (Yeken ve ark., 2019). Markör destekli ıslah ile biyofortifikasyon çalışmalarını fasulyede başlatmak dengeli ve sağlıklı beslenmeye katkı sağlanması bakımından son derece yerinde olacaktır. Geniş bir fasulye genotip havuzu oluşturularak vitamin içeriklerinin tanımlanmasına ve anaçların belirlenmesine yönelik daha önce bir çalışma yapılmamıştır. Farklı vitaminler ile önemli ilişkiye sahip olan markörlerin tanımlanması ve tanımlanan bu markörlerin, daha yüksek vitamin içeriğine sahip çeşitlerin geliştirilmesinde kullanılması, ıslah çalışmaları açısından son derece büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma ile günlük diyetimizde önemli bir yeri olan fasulyenin, besin değeri bakımından daha yüksek içeriğe sahip olan genotiplerinin ve ilişkili markörlerin belirlenerek ıslahta kullanılması ve daha zengin vitamin içeriğine sahip fasulye çeşitlerinin geliştirilmesi ile vitamin eksikliğinden kaynaklanan hastalıkların giderilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasının konusu olan fasulye gen kaynaklarının A vitamini içeriği ile ilişkili yurt içinde ve yurt dışında daha önce yapılmış maalesef sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu kapsamda yapılan geniş kaynak taraması sonucunda elde edilen çalışmalara ait bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

2.1. Moleküler Marker Çalışmaları

Martin ve ark. (2021), 96 adet fasulye genotipinin folat içeriğini belirleyerek yaptıkları GWAS analizi sonucunda 4, 6, 8 ve 11. kromozomlar üzerinde toplam 6 QTL (kantitatif özellik lokusları) ve aday genler tanımlandıklarını belirtmişlerdir. Bu aday genlerin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve diğer temel ürünlerin yüksek folat içeriğine sahip çeşitlerinin geliştirilmesinde ve folat eksikliği ile mücadelede önemli bir araç olabileceğini bildirmişlerdir.

Li ve ark. (2016), QTL $\times$ çevre etkileri ile soya fasulyesindeki E vitamini içeriğinin altında yatan kantitatif özellik lokuslarının (QTL'ler) haritalandırılması amacıyla yaptıkları çalışmada QTL $\times$ çevre etkilerini gösteren toplam 18 QTL tespit etmişlerdir. Ayrıca, 19 QTL çiftinin α -tokoferol (α -Toc), γ -tokoferol (γ -Toc), δ -tokoferol (δ -Toc) ve toplam E vitamini içeriği ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Çalışma sonucunda; çoklu ortamlarda tanımlanan QTL'lerin, yüksek vitamin E içeriğine sahip soya fasulyesi çeşitlerinin markör seçiminde faydalı olabileceğini bildirmişlerdir.

Santos ve Simon, (2002), havuç popülasyonunda Likopen ve provitamin A karotenleri, a- ve b-karoten ile ilişkili QTL'leri araştırdığı çalışmada, sırasıyla n-karoten, a-karoten, b-karoten, likopen ve fitoen birikimi ile ilişkili 1, 3, 4, 5 ve 8. kromozomda QTL tespit ettiklerini rapor etmişlerdir.

Li ve ark. (2010), yaptığı “Soya fasulyesi tohumundaki E vitamini QTL'nin belirlenmesi” başlıklı çalışmada, vitamin E ile ilişkili 5 QTL tanımlamıştır. Tespit edilen bu lokusların soya fasulyesi çeşitleri ile yapılan ıslah programlarında MAS'ı kolaylaştırabileceğini bildirmişlerdir. Soya fasulyesinde bireysel ve toplam vitamin E'yi kontrol eden QTL bilgisinin, yüksek vitamin E içeriğine sahip soya fasulyesi çeşitlerini geliştirmek için daha verimli seçim şemalarının tasarlanmasına ve uygulanmasına olanak

sağlayacağını belirtmişlerdir. MAS yönteminin, vitamin E içeriğine sahip soya fasulyesi çeşitlerinin geliştirilmesi için verimli ve uygun maliyetli bir yetiştirme stratejisi olacağını bildirmişlerdir.

Liu ve ark. (2017), soya fasulyesi tohumlarındaki E vitamini ile ilişkili kantitatif özellik lokuslarını (QTL) tespit etmek için, yüksek E vitaminli bir çeşit olan 'Beifeng 9' ile düşük E vitaminli bir çeşit olan 'Freeborn'u çaprazlayarak 238 adet F6:7 rekombinant kendilenmiş hatlar elde etmişlerdir. Çalışma kapsamında 218 polimorfik basit dizi tekrarı (SSR) markörü kullanarak bir genetik harita oluşturmuşlardır. α -tokoferol için 21 adet, γ -tokoferol için 17 adet, δ -tokoferol için 13 adet ve toplam E vitamini için 15 adet QTL saptamışlardır. QTL'lerin genomda 9, 10, 15, 18 ve 19. kromozomlarda bulunduğunu bildirmişlerdir. Her bir QTL'in altında yatan fenotipik varyansın %2,4 ile %32,6 arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. α -Toc, γ -Toc, δ -Toc ve toplam E vitamini içerikleri ile ilişkili iki ana QTL (BARCSOYSSR_10_1140 - BARCSOYSSR_10_1188 ve BARCSOYSSR_15_0855 - BARCSOYSSR_15_0887) 10. ve 15. kromozomlarda eşlenmiştir. Araştırmacılar, çalışma sonucunda elde ettikleri QTL'lerin, yüksek vitamin içeriğine sahip yeni çeşit geliştirme çalışmalarında marker destekli seleksiyona katkıda bulunabileceğini belirtmişlerdir.

Zhang ve ark. (2015), soya fasulyesinde E vitamini ile ilişkili QTL'leri haritalamak amacıyla yaptığı çalışmada, E vitamini ve tokoferol içerikleri ile ilgili 8 adet aditif QTL ve 12 adet epistaz QTL tespit etmiştir. Aditif QTL ve epistatik QTL çiftlerinin fenotipik varyanslara olan katkıları, α -tokoferol için %8,68 (iki QTL) ve %15,57 (dört çift), γ -tokoferol için %8,59 (iki QTL) ve %11,57 (iki çift), δ -tokoferol için %5,44 (bir QTL) ve %17,61 (üç çift) ve toplam E vitamini içeriği için sırasıyla %11,39 (üç QTL) ve %9,48 (üç çift) olarak belirlenmiştir. Buna göre, E vitamini içerikleri bakımından marker destekli seleksiyon çalışmalarında hem aditif hem de epistatik çoklu QTL'lerin dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

Ma ve ark. (2017), bezelyedeki (*Pisum sativum* L.) tohum mineral konsantrasyonları ve içerikleri bakımından genom çapında SNP tanımlaması ve QTL haritalaması oluşturmak amacıyla yaptıkları çalışmada mineral konsantrasyonu bakımından 46 QTL, mineral içeriği bakımından 37 adet QTL ve tohum ağırlığı bakımından 6 adet QTL tespit etmiştir. QTL'ler fenotipik varyansın %2,4 ile %43,3'ünü ifade etmiştir.

Khanal ve ark. (2013), seçilen kuru fasulye genotiplerinin kuru tohumlarındaki folat içeriğini karşılaştırmak ve kuru fasulyenin genler arası bir çaprazlamasından türetilen bir popülasyondaki folat içeriğiyle ilişkili kantitatif özellik lokuslarını (QTL) belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; folat içeriğinin 147-345 µg/100 g arasında değiştiğini saptamışlardır. Folat içeriği ile ilişkili 4 QTL tanımlamışlardır. Bu QTL'ler toplam fenotipik varyansın %7,7 ile %10,5'ini oluşturmuştur.

Gaikwad ve ark. (2020), geleneksel ve genomik destekli ıslah çalışmalarıyla gıda mahsullerinin beslenme kalitesinin artırılması başlıklı geniş literatür özetlerine yer verdikleri derleme çalışmasında; yetersiz beslenme sorununun üstesinden gelebilmek için, temel besinlerle ilgili genlerin/kantitatif özellik lokuslarının (QTL'ler) tanımlanmasına ve bunların markör destekli ıslah çalışmalarında seleksiyon yapılan hatlarda başarılı bir şekilde kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Başlıca gıda ürünlerinin protein, vitamin, makro besinler, mikro besinler, mineraller, yağ ve esansiyel amino asit içeriği ile ilişkili tanımlanmış QTL'lerin besinsel içerik açısından zengin çeşitlerinin geliştirilmesinde kullanılabileceğini bildirmiştir.

2.2. Vitamin İçeriği Belirleme Çalışmaları

Aslam ve ark. (2008), *in vivo* ve *in vitro* koşullarda çimlenmiş nohut (*Cicer arietinum* L.) tohumlarının 3, 5, 7, 9 ve 11. günlerde suda çözünen vitamin (B-grubu) içeriklerini karşılaştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, *in vitro* ve *in vivo* çimlendirilmiş fidelerin vitamin içeriklerinde önemli farklılıklar saptamışlardır. *In vitro* yetiştirilen fidelerde B1 (0.07-0.11-0.14-0.15 µg/g), B2 (0.05-0.15-0.30-0.27 µg/g) ve B3 (0.00-0.00-0.02-0.25 µg/g) vitamin içeriklerinin 9. güne kadar doğrusal bir artış gösterdiğini, *in vivo* çimlenen fidelerde ise B6 (0.00-0.22-0.75-1.20 µg/g) vitamininin max bir artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu sonuçlara dayanarak çimlenmiş nohutun vejetaryen beslenmede B vitamin grubunu temin etmek amacıyla insan tüketimi için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Jha ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada fasulye, mercimek, nohut ve bezelye tohumlarındaki folat içeriklerinin çeşitliliğini araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada her bitkiden dört genotip kullanmışlardır. Toplam folat konsantrasyonunu nohutta 351-589 mg/100 g, fasulyede 165-232 mg/100 g, mercimekte 136-182 mg/100 g, ve bezelyede 23-

30 mg/100 g arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır.

Sarioğlu ve Velioğlu (2018), lkemizde yetiştirilen fasulye, nohut, mercimek ve bezelye baklagillerinin 100 gramında sırasıyla B1 ve B2 vitamin içeriklerini 0.796-0.572-0.159-0.709 mg 0.181-0.164-0.148-0.186 mg olarak bildirmişlerdir.

Köse ve ark. (2019), Yenice ve Pınarlı fasulye genotiplerinin protein, vitamin, amino asit ve mineral element içeriğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada retinol (A vitamini) içeriğini Pınarlı genotipinde 2.00 µg/100 g olarak ve Yenice genotipinde 4.15 µg/100 g olarak tespit etmiştir. Pınarlı genotipinin riboflavin (0,16 mg 100 g-1) içeriğinin Yenice genotipinden (0,15 mg 100 g-1) daha fazla olduğunu saptamışlardır.

AuguStin ve ark. (1981), dokuz farklı ticari fasulye çeşidinin ham ve pişmiş örneklerinde vitamin içeriklerini analiz ettiği çalışmada, pişmiş örneklerdeki besin içeriğinin, birkaç istisna dışında, pişmemiş örneklerle oranla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca fasulye eşitleri arasında pişirme sırasında vitaminlerin suda çözünerek tutunma oranlarının %70-75 arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. 100 g fasulyenin 0.20 mg riboflavin (B2 vitamini) içerdiğini saptamışlardır.

2.3. Varyasyon alışmaları

Kobel Bekar ve ark. (2019), 20 adet sırik fasulye genotipinin bakla kalitesi yönünden varyasyonunu değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada materyal olarak kullandıkları fasulye genotiplerinin kalite özellikleri (protein, NDF, bakla boyu, bakla rengi, lignin, selüloz) yönünden büyük oranda genetik varyasyona sahip olduğunu saptamışlardır. Gözlenen bu varyasyonun bakla kalitesi yönünden üstün özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesinde büyük önem taşıdığını belirtmişlerdir.

Kotue ve ark. (2018), fasulyenin protein, diyet lifi, mineral ve vitamin açısından zengin olduğunu ve insan sağlığı için beslenmede dünya çapında çok önemli bir yeri olduğunu, bu nedenle besin içeriği bileşenlerinin analiz edilmesinde yeni yöntemlerin geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Celmeli ve ark. (2018), “Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) yerel çeşitlerinin modern çeşitlere göre besin içeriği” başlıklı çalışmasının sonunda fasulyenin yerel türlerinin sadece geleceğe aktarılması gereken hazineler değil, aynı zamanda fasulye ıslah programlarında kullanılabilecek genetik kaynaklar olduğunu ve yerel türlerin gıda

güvenliği ve sağlıklı bir gıda arzı için önemli besin bileşenlerinin önemli kaynakları olduğunu belirtmiştir.

Fageria ve ark. (1997), fasulye ve birçok tek yıllık bitkinin besin maddeleri arasındaki interaksyonun verimi etkileyen önemli bir unsur olduğunu ve bu interaksyonun pozitif veya negatif olabileceğini ifade etmiştir.

Piergiovanni ve ark. (2000), 21 adet fasulye genotipi ile tohumun kalite özelliklerini araştırdıkları çalışmada cluster analizi sonucunda 2 ana grup oluştuğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, oluşturdukları dendogramda bodur ve sırik formu popülasyonların belirgin kümeler oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Madakbaş ve ark. (2006), Çarşamba Ovası'nda bodur taze fasulye popülasyonlarından seçtikleri hatlar arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, genotip x çevre interaksyonunun ana belirteç faktör olduğu durumlarda, dendrogram oluşturulması ile ortaya çıkan sonuçların daha iyi yorumlanabileceğini bildirmiştir.

Mungomery ve ark. (1974), biyometrik metotlardan biri olan cluster (kümeleme) analizinin, çok sayıda faktörün ele alındığı çeşitli bitki genotiplerinin ayırımında önemli bir araç olduğunu ve bu metotla ıslah çalışmalarında hızlı ve doğru sonuçlara ulaşılabilceğini ifade etmişlerdir.

Kahraman ve ark. (2013), Konya bölgesinde yaygın olarak tarımı yapılan 35 adet kuru fasulyeyi tarla şartlarında yetiştirerek, verim ve verim bileşenlerine ait elde ettikleri değerler üzerinden yapılan cluster analizine göre genotiplerin başlıca 4 ana gruba ayrıldığını, çok sayıda bitki genotipi ile yapılan araştırmalarda sınıflandırmanın yapılabilmesi için cluster analizinin kullanışlı bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Ceyhan ve ark. (2012), bitkisel üretimde yüksek verim ve kalitedeki genotiplerin belirlenebilmesi için; verim ve verim bileşenlerinin önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir.

Dünya Sağlık Örgütü, insanların ihtiyaç duydukları vitamin, mineral maddeler ve protein miktarının yaşa ve harcadığı metabolik enerjiye bağlı olarak değişim gösterdiğini, söz konusu ihtiyacın insanların yaşadığı ekolojik çevreye göre değişim gösterdiğini ve ihtiyacın suni olarak takviye edilmesi yerine gıdaların besinsel kalitesinin doğal yollarla artırmaya yönelik çalışmaların yapılmasına gerek duyulduğunu ifade etmiştir (WHO 2021b).

Hombali ve ark. (2019), “A vitamini eksikliğini gidermek için temel gıdaların A vitamini ile güçlendirilmesi” başlığı altında yaptıkları genel bir tarama çalışmasında, A vitamini eksikliğini, özellikle küçük çocuklar, üreme çağındaki kadınlar ve hamileler olmak üzere birçok düşük ve orta gelirli ülkede önemli bir halk sağlığı sorunu olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bu gruplar arasında A vitamini tüketimini artırmak için, temel gıdalardaki A vitamini içeriğinin zenginleştirilmesi yönünde çalışmaların yetersiz olduğunu ve bu konu üzerinde önemle durulması gerektiğini bildirmişlerdir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

2150630 numaralı “Türkiyedeki Fasulye Gen Kaynaklarının Önemli Agronomik, Fiziko-Kimyasal, Mineral, Antioksidan ve Pişme Özelliklerinin Genomik Bölgelerinin Genom Çapı İlişkilendirme Çalışmaları (GWAS) ile Belirlenmesi” başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında materyal olarak kullanılan, Bolu ve Sivas lokasyonlarında yürütülen tarla denemelerinden elde edilen, 182 adet yerel fasulye genotipi ve 6 adet ticari çeşitten (Akman, Göynük, Karacaşehir, Önceler, Göksun ve Akdağ) oluşan toplam 188 adet fasulye genotipi bu çalışmada materyal olarak kullanılmıştır. Temin edilen fasulye genotipleri ile Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi’nde mini bir fasulye gen havuzu oluşturulmuş ve 2021 yılı yetiştirme sezonunda, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarımsal AR-GE Merkezinde tarla denemesi kurulmuştur. Hasat işlemi sonrasında elde edilen fasulye genotiplerine ait tohumlar A vitamini içeriğinin belirlenmesi amacıyla analize tabi tutulmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı il, ilçe, köy, yükselti ve koordinat bilgileri Çizelge 3.1 ve Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı iller

Çizelge 3.1. Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı il, ilçe, köy, yükselti ve koordinat bilgileri

No	Populasyon Adı	İl	İlçe	Köy	Yükseklik	Koordinatlar
1	Bingöl-1	Bingöl	Genç	Selvi Beldesi	964	38° 34319/40° 18917
2	Bingöl-6	Bingöl	Ilıcalar	Merkez	1161	38° 58893/40° 40699
3	Bingöl-7	Bingöl	Merkez	Alatepe	1154	39° 03502/40° 45401
4	Bingöl-11	Bingöl	Merkez	Çobantaşı	1542	39° 04033/40° 48557
5	Bingöl-16	Bingöl	Adaklı	Gökçeli	1335	39° 12738/40° 25142
6	Bingöl-18	Bingöl	Kığı	Güneyağıl	1489	39° 17427/40° 20136
7	Bingöl-25	Bingöl	Solhan	Kavaklıdere	1176	38° 55287/40° 56822
8	Bingöl-33	Bingöl	Yedisu	Şen Mezrası	-	-
9	Bingöl-36	Bingöl	Yedisu	Muz	-	-
10	Bingöl-44	Bingöl	Yedisu	Kürdan	-	-
11	Bingöl-45	Bingöl	Yedisu	Kürdan	-	-
12	Bingöl-52	Bingöl	Yedisu	Eski Balta	-	-
13	Bingöl-53	Bingöl	Yedisu	Eski Balta	-	-
14	Bingöl-58	Bingöl	Yedisu	Kara Polat	-	-
15	Bingöl-60	Bingöl	Yedisu	Döşengi	-	-
16	Bingöl-61	Bingöl	Yedisu	Kara Polat	-	-
17	Bingöl-63	Bingöl	Yedisu	Güzgülü	-	-
18	Bingöl-65	Bingöl	Karlıova	Üçevler	-	-
19	Hakkari-7	Hakkari	Merkez	Otluca	2054	37° 36246/43° 42370
20	Hakkari-11	Hakkari	Merkez	Üzümcü	2097	37° 36332/43° 42526
21	Hakkari-12	Hakkari	Merkez	Üzümcü	2097	37° 36332/43° 42526
22	Hakkari-13	Hakkari	Merkez	Ağaçdibi	2097	37° 29370/43° 38184
23	Hakkari-16	Hakkari	Merkez	Çimenli	1137	37° 29096/43° 37693
24	Hakkari-20	Hakkari	Merkez	Üzümcü	1135	37° 29773/43° 34389
25	Hakkari-23	Hakkari	Merkez	Taşbaşı	970	37° 23929/43° 29723
26	Hakkari-28	Hakkari	Çukurca	Narlı	875	37° 16013/43° 35195
27	Hakkari-31	Hakkari	Merkez	Bay	1832	37° 32687/43° 43333
28	Hakkari-37	Hakkari	Merkez	Merzan	1993	37° 34095/43° 42308
29	Hakkari-38	Hakkari	Merkez	Merzan	1993	37° 34095/43° 42308
30	Hakkari-39	Hakkari	Merkez	Merzan	1993	37° 34095/43° 42308
31	Hakkari-43	Hakkari	Merkez	Durankaya	1764	37° 33418/43° 37329
32	Hakkari-44	Hakkari	Merkez	Durankaya	1764	37° 33418/43° 37329
33	Hakkari-51	Hakkari	Merkez	Rezan	1601	37° 42104/43° 56276
34	Hakkari-55	Hakkari	Yüksekova	Bağışlı	1811	37° 43279/44° 02206
35	Hakkari-59	Hakkari	Yüksekova	Armutdüzü	2090	37° 40771/43° 57535
36	Hakkari-63	Hakkari	Yüksekova	Su Üstü	1955	37° 35208/43° 04488
37	Hakkari-65	Hakkari	Yüksekova	Büyük Çiftlik	1955	37° 35208/43° 04488
38	Hakkari-69	Hakkari	Yüksekova	Merkez	1915	37° 32928/44° 08427

Çizelge 3.1. (Devam) Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı il, ilçe, köy, yükselti ve koordinat bilgileri

No	Populasyon Adı	İl	İlçe	Köy	Yükseklik	Koordinatlar
39	Hakkari-71	Hakkari	Şemdinli	Güzelkonak	1724	37° 25223/44° 29056
40	Hakkari-76	Hakkari	Merkez	Üzümcü	1135	37° 29773/43° 34389
41	Tokat-83	Tokat	-	-	-	-
42	K.maraş-92	K.maraş	-	-	-	-
43	Bitlis-5	Bitlis	Hizan	Merkez	1629	38° 13424/42° 21614
44	Bitlis-14	Bitlis	Hizan	Akbıyık	1522	38° 11967/42° 20644
45	Bitlis-16	Bitlis	Hizan	Yemişli	1638	38° 12806/42° 21679
46	Bitlis-22	Bitlis	Hizan	Bahçelievler	1521	38° 12806/42° 21679
47	Bitlis-25	Bitlis	Hizan	Kalkanlı	2004	38° 07704/42° 37670
48	Bitlis-35	Bitlis	Hizan	Soğuksu	1365	38° 06783/42° 33292
49	Bitlis-40	Bitlis	Hizan	Gayda	1271	38° 10051/42° 22985
50	Bitlis-46	Bitlis	Tatvan	Yolalan	1645	38° 16080/42° 18559
51	Bitlis-48	Bitlis	Merkez	Çınarbaşı	1710	38° 15861/42° 17972
52	Bitlis-53	Bitlis	Merkez	Kuşlu	1615	38° 19739/42° 14841
53	Bitlis-66	Bitlis	Mutki	Yumrumeşe	1459	38° 26765/41° 51660
54	Bitlis-69	Bitlis	Mutki	Kavakbaşı	1303	38° 28884/41° 48924
55	Bitlis-71	Bitlis	Mutki	Yenidoğan	1197	38° 29116/41° 47168
56	Bitlis-79	Bitlis	Mutki	Eller	1423	38° 28878/41° 43845
57	Bitlis-81	Bitlis	Güroymak	Yazlıkonak	1810	38° 30257/42° 07150
58	Bitlis-90	Bitlis	Güroymak	Aşağıkolbaşı	1655	38° 32695/42° 06804
59	Bitlis-94	Bitlis	Güroymak	Arpacık	1700	38° 30930/42° 05787
60	Bitlis-97	Bitlis	Güroymak	Kuştaşı	2002	38° 29645/42° 04575
61	Bitlis-103	Bitlis	Tatvan	Taşdemir	1828	38° 27451/42° 23777
62	Bitlis-105	Bitlis	Tatvan	Çamaltı	1728	38° 27483/42° 26602
63	Bitlis-111	Bitlis	Tatvan	Reşadiye	1689	38° 29404/42° 32232
64	Bitlis-114	Bitlis	Merkez	Çınarbaşı	1459	38° 26765/42° 51660
65	Bitlis-115	Bitlis	Mutki	Yumrumeşe	2002	38° 29645/42° 04575
66	Bitlis-117	Bitlis	Merkez	Kuşlu	1615	38° 19739/42° 14841
67	Bitlis-118	Bitlis	Tatvan	Kırkbulak	1752	38° 24726/42° 16166
68	Bitlis-119	Bitlis	Hizan	Yemişli	1638	38° 12806/42° 21679
69	Bitlis-120	Bitlis	Merkez	Yolalan	1543	38° 17889/42° 15891
70	Bitlis-121	Bitlis	Mutki	Yumrumeşe	1459	38° 26765/41° 51660
71	Bitlis-124	Bitlis	Güroymak	Yazlıkonak	1615	38° 19739/42° 14841
72	Malatya-3	Malatya	Doğanşehir	Erkenek Bel.	1388	37° 55785/37° 56501
73	Malatya-13	Malatya	Doğanşehir	Kurucaova Bel	1369	37° 59707/38° 01503
74	Malatya-14	Malatya	Doğanşehir	Savaklı	1364	38° 02576/37° 54593
75	Malatya-18	Malatya	Doğanşehir	Elmalı	1410	38° 03339/37° 44688
76	Malatya-25	Malatya	Doğanşehir	Çığlık	1235	38° 06477/37° 55440
77	Malatya-28	Malatya	Doğanşehir	Güroba	1459	38° 05052/37° 57494

Çizelge 3.1. (Devam) Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı il, ilçe, köy, yükselti ve koordinat bilgileri

No	Populasyon Adı	İl	İlçe	Köy	Yükseklik	Koordinatlar
78	Malatya-32	Malatya	Doğanşehir	Çömlekoba	1370	38° 05372/37° 56691
79	Malatya-33	Malatya	Doğanşehir	Polat Bel.	1270	38° 09447/37° 51215
80	Malatya-45	Malatya	Akçadağ	Ören	1158	38° 14905/37° 55605
81	Malatya-50	Malatya	Hekimhan	Çayevleri Mah.	1457	38° 48854/37° 54964
82	Malatya-51	Malatya	Yeşilyurt	Aşağıköy	1456	38° 09010/38° 18332
83	Malatya-52	Malatya	Doğanşehir	Merkez	1280	38° 06477/37° 55440
84	Malatya-59	Malatya	Doğanşehir	Kurucaova	1369	37° 59707/38° 01503
85	Malatya-71	Malatya	Doğanşehir	Güroba	1465	38° 05052/37° 57494
86	Tunceli-1	Tunceli	Mazgirt	Merkez	1122	39° 00014/39° 34766
87	Tunceli-5	Tunceli	Ovacık	Yeşilova	1289	39° 20037/39° 05286
88	Tunceli-11	Tunceli	Pertek	Beydamı	-	-
89	Van-1	Van	Gürpınar	Merkez	1748	38° 19126/43° 22555
90	Van-11	Van	Çatak	Elmacı	1807	38° 04867/43° 04475
91	Van-13	Van	Çatak	Bilgi	1702	38° 05736/43° 15575
92	Van-17	Van	Çatak	Bilgi	1702	38° 05736/43° 15575
93	Van-19	Van	Çatak	Alacayar	1629	38° 01890/43° 08884
94	Van-25	Van	Çatak	Merkez	1502	38° 00451/43° 03619
95	Van-27	Van	Çatak	Merkez	1783	38° 00721/43° 04473
96	Van-29	Van	Başkale	Albayrak	2072	38° 08452/44° 12332
97	Van-33	Van	Başkale	Çaldıran	2005	37° 47409/44° 07448
98	Van-36	Van	Başkale	Belliyurt	1876	37° 49064/44° 06905
99	Van-42	Van	Erciş	Merkez	1704	39° 01746/43° 21668
100	Van-47	Van	Erciş	Merkez	1689	39° 00036/43° 21362
101	Van-51	Van	Başkale	Barış	2244	38° 01147/43° 39146
102	Van-59	Van	Bahçesaray	Ünlüce	1702	38° 31128/42° 19587
103	Van-64	Van	Bahçesaray	Ünlüce	1702	38° 31128/42° 19587
104	Van-65	Van	Bahçesaray	Elmayaka	1705	38° 30546/42° 19126
105	Van-68	Van	Çatak	Elmacı	1807	38° 04867/43° 04475
106	Elazığ-2	Elazığ	Palu	Seydilli	877	38° 41578/39° 53162
107	Elazığ-7	Elazığ	Palu	Gömeçbağlar	956	38° 37887/39° 51625
108	Elazığ-9	Elazığ	Palu	Keklikdere	870	38° 36885/39° 49865
109	Elazığ-10	Elazığ	Palu	Baltaşı	919	38° 35361/39° 47344
110	Elazığ-14	Elazığ	Maden	Gezin	919	38° 35361/39° 47344
111	Elazığ-16	Elazığ	Maden	Kızıltepe	1291	38° 28865/39° 31155
112	Elazığ-25	Elazığ	Maden	Yıldızhan	1313	38° 21174/39° 22660
113	Elazığ-27	Elazığ	Sivrice	Başkaynak	1390	38° 22855/39° 22217
114	Elazığ-29	Elazığ	Sivrice	Elmasuyu	1364	38° 24728/39° 23341
115	Elazığ-30	Elazığ	Maden	Gezin	1350	38° 30760/39° 33182
116	Elazığ-34	Elazığ	Maden	Yeşilova	1503	38° 32905/39° 33695

Çizelge 3.1. (Devam) Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı il, ilçe, köy, yükselti ve koordinat bilgileri

No	Populasyon Adı	İl	İlçe	Köy	Yükseklik	Koordinatlar
117	Elazığ-36	Elazığ	Maden	Küçükova	1410	38° 32'51"/39° 32'52"
118	Elazığ-39	Elazığ	Maden	Gezin	1350	38° 30'760/39° 33'182"
119	Muş-1	Muş	Malazgirt	Gülkuru	1607	39° 05'869/42° 38'738"
120	Muş-2	Muş	Bulanık	Güllüova	1550	39° 03'619/42° 19'105"
121	Muş-7	Muş	Bulanık	Güllüova	1550	39° 03'619/42° 19'105"
122	Muş-10	Muş	Bulanık	Balotu	1489	39° 06'752/42° 08'046"
123	Muş-15	Muş	Bulanık	Değirmensuyu	1514	39° 10'268/42° 05'099"
124	Muş-18	Muş	Korkut	Sazlıkbaşı	1293	39° 40'424/41° 58'975"
125	Muş-22	Muş	Hasköy	Merkez	1315	38° 38'175/41° 46'056"
126	Muş-27	Muş	Hasköy	Azıklı	1369	38° 38'595/41° 44'016"
127	Muş-28	Muş	Hasköy	Kültür	1278	38° 40'889/41° 41'773"
128	Muş-34	Muş	Merkez	Akpınar	1400	39° 10'591/41° 30'486"
129	Muş-39	Muş	Varto	Tepeköy	1280	39° 05'383/41° 30'168"
130	Muş-41	Muş	Varto	Tepeköy	1280	39° 05'383/41° 30'168"
131	Muş-42	Muş	Varto	Özenç	1468	39° 06'895/41° 30'281"
132	Muş-43	Muş	Varto	Taşçı	1577	39° 12'636/41° 23'917"
133	Muş-46	Muş	Bulanık	Güllüova	1550	39° 03'619/42° 19'105"
134	Muş-48	Muş	Bulanık	Güllüova	1550	39° 03'619/42° 19'105"
135	Muş-49	Muş	Bulanık	Güllüova	1550	39° 03'619/42° 19'105"
136	Muş-50	Muş	Bulanık	Balotu	1489	39° 06'752/42° 08'046"
137	Muş-51	Muş	Bulanık	Adivar	1463	38° 13'447/42° 10'513"
138	Muş-52	Muş	Hasköy	Merkez	1350	38° 13'447/42° 10'513"
139	Muş-53	Muş	Hasköy	Azıklı	1369	38° 38'595/41° 44'016"
140	Sivas-3	Sivas	Suşehri	Arpacı	1050	40° 957/38° 539"
141	Sivas-4	Sivas	Suşehri	Günlüce	1050	40° 957/38° 539"
142	Sivas-7	Sivas	Suşehri	Akşar	1050	40° 957/38° 539"
143	Sivas-12	Sivas	Hafik	Yakaboyu	1350	39° 510/37° 230"
144	Sivas-13	Sivas	Kangal	Akpınar	1540	39° 130/37° 240"
145	Sivas-16	Sivas	Divriği	Arıkbaşı	1250	39° 240/38° 70"
146	Sivas-17	Sivas	İmranlı	Başlıca	1650	39° 5248/38° 758"
147	Sivas-18	Sivas	İmranlı	Gökdere	1650	39° 5248/38° 758"
148	Sivas-44	-	-	-	-	-
149	Sivas-62	-	-	-	-	-
150	Sivas-68	-	-	-	-	-
151	Sivas-69	Sivas	-	-	-	-
152	Sivas-70	Sivas	-	-	-	-
153	Bilecik-1	Bilecik	Pazaryeri	Dereköy	786	39° 59'38"/29° 54'41"
154	Bilecik-2	Bilecik	Pazaryeri	Günyurdu	805	40° 0'5.9"/29° 54'9"
155	Bilecik-6	Bilecik	Pazaryeri	Dereköy	876	39° 59'38"/29° 54'41"

Çizelge 3.1. (Devam) Çalışma kapsamında kullanılan fasulye genotiplerinin toplandığı il, ilçe, köy, yükselti ve koordinat bilgileri

No	Populasyon Adı	İl	İlçe	Köy	Yükseklik	Koordinatlar
156	Bilecik-7	Bilecik	Pazaryeri	Dereköy	876	39° 59'38"/29° 54'41"
157	Bilecik-8	Bilecik	Pazaryeri	Dereköy	876	39° 59'38"/29° 54'41"
158	Bilecik-10	Bilecik	Pazaryeri	Dereköy	876	39° 59'38"/29° 54'41"
159	Balıkesir-3	Balıkesir	Manyas	Salur Mah.	29	40° 05'51"/27° 56'11"
160	Balıkesir-4	Balıkesir	Manyas	Akçaova Mah.	30	40° 07'16"/27° 51'18"
161	Balıkesir-5	Balıkesir	İvrindi	Ayaklı Köyü	404	39.516°/27.364°
162	Balıkesir-6	Balıkesir	İvrindi	Ayaklı Köyü	403	39.516°/27.364°
163	Balıkesir-17	Balıkesir	Sındırgı	Kürendere	1051	39.313°/28.571°
164	Balıkesir-18	Balıkesir	Sındırgı	Kürendere	1051	39.313°/28.571°
165	Balıkesir-19	Balıkesir	Sındırgı	Kürendere	1051	39.313°/28.571°
166	Balıkesir-20	Balıkesir	Sındırgı	Kürendere	1051	39.313°/28.571°
167	Düzce-1	Düzce	Merkez	Derdin	859	40.711°/31.228°
168	Düzce-9	Düzce	Merkez	Darıca Mah.	163	40° 49'18"/31° 10'26"
169	Yalova-13	Yalova	Çiftlikköy	Kabaklı	125	40° 39'30"/29° 24'36"
170	Yalova-20	Yalova	Çınarcık	Ortaburun	689	40° 37'04"/29° 09'00"
171	Yalova-21	Yalova	Çınarcık	Ortaburun	688	40° 37'04"/29° 09'00"
172	Erzincan-1	Erzincan	Refahiye	Merkez	1589	39° 544/38° 467
173	Erzincan-3	Erzincan	Kemah	Gökkaya	1130	39° 3610/39° 28
174	Erzincan-4	Erzincan	Kemaliye	Merkez	950	39° 1539/38° 2948
175	Erzincan-5	Erzincan	Kemaliye	Akçalı	950	39° 1539/38° 2948
176	Bursa-1	Bursa	Yenişehir	Fethiye	335	40.289°/29.445°
177	Bursa-22	Bursa	Kestel	Aksu	360	40.169°/29.317°
178	Dermasyon	Niğde	-	-	-	-
179	Derinkuyu	Niğde	-	-	-	-
180	Civril-Bolu	Bolu	Merkez	Doğancı Mah.	842	40° 40'45"/31° 33'30"
181	Bolu-Göynük	Bolu	Merkez	Doğancı Mah.	842	40° 40'45"/31° 33'30"
182	Moralaca	Bolu	Merkez	Doğancı Mah.	842	40° 40'45"/31° 33'30"
183	Akman+					
184	Göynük+					
185	Karaceşehir+					
186	Önceler+					
187	Göksun+					
188	Akdağ+					

+ Ticari çeşit

3.2. Denemenin Yürütüldüğü Lokasyon ve Lokasyonun İklim ve Toprak Özellikleri

Bu çalışmada tarla denemeleri 2017, 2018 ve 2021 yıllarında Sivas, 2017 ve 2018 yıllarında Bolu olmak üzere 2 lokasyonda farklı yıllarda yürütülmüştür. Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarımsal AR-GE Merkezi'nin (39°43'08 K, 36°55'11 D) deniz seviyesinden yüksekliği 1254 m'dir. Araştırmanın yürütüldüğü Sivas lokasyonu deneme alanı toprağı, kireçli (%19.6), yarıyışlı fosfor (P_2O_5) içeriğı düşük (3.40 kg/da), hafif alkalın (pH=7.28), organik madde içeriğı düşük (%1.7), tuzsuz (0.33 mmhos/cm), potasyum (K_2O) içeriğı yüksek (93.59 kg/da) ve siltli killi tın bünyeye sahiptir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Araştırmanın yürütüldüğü Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarımsal AR-GE Merkezi deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Tekstür				pH (1:2,5)	Tuz (mmhos/cm)	P_2O_5 (kg/da)	K_2O (kg/da)	Organik Madde (%)	Kireç (%)
Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye						
14.6	48.3	37.1	SiCL	7.28	0.33	3.40	93.59	1.7	19.6

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesine ait araştırma ve deneme alanı deniz seviyesinden yaklaşık 754 m yükseklikte ve 31°37' enlem ve 40°44' boylamlarında yer almaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü Bolu lokasyonu deneme alanı toprağı tınlı yapıda olup, hafif alkalik (pH:7.59) özellik göstermektedir (Çizelge 3.3). Deneme alanı toprağının organik madde içeriğı düşük (%1.86), alınabilir potasyum (38 kg da⁻¹) ve fosfor (23.74 kg da⁻¹) bakımından zengin, tuzsuz %0.008, kireç içeriğı ise %0.63 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Araştırmanın Yürütüldüğü Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesine ait deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Tekstür				pH	Tuz	P ₂ O ₅	K ₂ O	Organik	Kireç
Kum	Silt	Kil	Bünye	(1:2,5)	(mmhos/cm)	(kg/da)	(kg/da)	Madde	(%)
(%)	(%)	(%)						(%)	
50	28	22	Tınlı	7.59	0.008	23.74	38	1.86	0.63

Kaynak: (Sönmez ve ark., 2018)

Çizelge 3.4. Denemenin yürütüldüğü Sivas lokasyonu 2017, 2018 ve 2021 yıllarına ait iklim verileri

	Aylar								Toplam veya Ortalama
	Yıl	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	
Ortalama Sıcaklık (°C)	2017	9.5	13.3	17.9	22.2	23.4	20.2	10.6	16.73
	2018	12.0	15.0	19.0	22.1	21.8	19.5	12.4	17.4
	2021	10.98	15.99	15.79	21.99	21.18	15.21	10.43	15.94
	Uzun yıllar	9.94	15.28	18.32	21.57	20.81	19.22	13.41	16.94
Toplam yağış (mm)	2017	52.7	90.0	23.3	0.0	3.2	2.3	27.6	199.1
	2018	2.6	79.7	35.6	4.0	0.0	9.8	17.5	149.2
	2021	18.5	22.3	34.8	6.0	11.3	17.1	18.4	128.4
	Uzun Yıllar	42.08	32.15	38.88	9.20	6.73	15.50	21.45	165.99
Ortalama Nispi Nem (%)	2017	52.3	60.4	55.1	43.8	46.1	36.6	56.2	50.07
	2018	44.9	62.5	56.6	48.9	50.8	45.7	54.6	52.0
	2021	52.7	44.4	52.9	46.1	50.5	56.1	55.2	51.12
	Uzun Yıllar	55.58	54.54	54.52	49.06	49.36	50.82	52.34	52.32

Araştırmanın yürütüldüğü yıllara ilişkin Sivas iline ait sıcaklık, yağış ve nem gibi önemli iklim parametreleri Çizelge 3.4’te verilmiştir. Sivas lokasyonunda kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçen karasal iklim hâkim olup, Çizelge 3.4’ün incelenmesinden her üç yetiştirme sezonunda da ortalama sıcaklık değerleri birbirine yakın olmuştur. Her üç yılda, en düşük sıcaklıklar Nisan ayında sırasıyla (9.5-12.0-10.98 °C) ve Ekim ayında sırasıyla (10.6-12.4-10.43 °C) olarak görülürken en yüksek sıcaklıklar Temmuz ayında sırasıyla (22.2-22.1-21.9 °C) ve Ağustos ayında sırasıyla (23.4-21.8-21.1 °C) olarak görülmüştür. Nisan-Ekim ayları arasında saptanan toplam yağış 2017 yetiştirme yılında 199.1 mm, 2018 yetiştirme yılında 149.2 mm olurken, 2021 yetiştirme yılında 128.4 mm olarak oldukça düşük olmuştur. Aylara göre ortalama nisbi nem değeri

2017 yılında %36.6-60.4 arasında, 2018 yılında %44.9-62.5 arasında ve 2021 yılında %44.4-56.1 arasında değişim göstermiştir. Denemenin yürütüldüğü 2021 yılı diğer yıllara göre daha kurak geçmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.5. Denemenin yürütüldüğü Bolu lokasyonu 2017 ve 2018 yıllarına ait iklim verileri

	Yıl	Aylar							Toplam veya Ortalama
		Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	
Ortalama Sıcaklık (°C)	2017	8.2	12.8	17.4	20.6	20.0	17.5	9.7	15.17
	2018	12.4	15.5	18.2	19.8	20.5	16.2	12.3	16.41
	Uzun yıllar	9.6	14.1	17.4	19.8	19.9	16.2	11.8	15.54
Toplam yağış (mm)	2017	63.7	74.1	64.8	1.6	39.6	4.4	104.3	352.5
	2018	18.7	99.8	111.2	37.1	26.3	29.0	47.3	369.4
	Uzun yıllar	50.2	60.3	57.5	27.8	24.4	28.4	41.0	289.6
Ortalama Nispi Nem (%)	2017	66.1	74.7	73.3	65.8	70.1	65.3	76.4	70.24
	2018	63.3	76.4	73.1	71.2	68.7	74.4	80.4	72.5

Araştırmanın yürütüldüğü yıllara ilişkin Bolu iline ait sıcaklık, yağış ve nem gibi önemli iklim parametreleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. İki yetiştirme sezonunda da ortalama sıcaklık değerleri birbirine yakın olup, en düşük sıcaklıklar Nisan (8.2-12.4 °C) ve Ekim (9.7-12.3 °C) aylarında görülürken en yüksek sıcaklıklar Temmuz (20.6-19.8 °C) ve Ağustos (20.0-20.5 °C) aylarında görülmüştür. Nisan-Ekim ayları arasında saptanan toplam yağış 2017 yetiştirme yılında 352.5 mm, ve 2018 yetiştirme yılında 369.4 mm olarak belirlenmiştir. İklim faktörleri açısından yetiştiricilikte en önemli kriterlerden biri olan toplam yağış miktarının denemenin yürütüldüğü yıllara göre çok büyük değişim göstermediği ancak yağışın aylara göre dağılımının düzensiz olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle bitkinin çıkış ve fide gelişim döneminde ek sulama yapılması gerekliliğini doğurmuştur. Aylara göre ortalama nisbi nem değeri 2017 yılında %65.3-76.4 arasında ve 2018 yılında %63.3-80.4 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3.5).

3.3. Tarla Denemesi ve Deneme Deseni

Fasulye genotiplerine ait tohumlar, 2017 ve 2018 yıllarında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesine ait araştırma ve deneme alanında,

2017, 2018 ve 2021 yetiştirme yıllarında Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarımsal AR-GE Merkezi'nde yetiştirilmiştir. Her iki lokasyonda kurulan tarla denemelerine ait bilgiler şu şekildedir:

- ✓ Deneme, her birisinde 6 kontrol genotipinin yer aldığı ve 23 yerel fasulye genotipinin bulunduğu 8 bloktan oluşmuştur.
- ✓ Çalışmada 188 adet fasulye genotipinin materyal olarak kullanılmasından ve materyal sayısının fazla olmasından dolayı, tarla denemsi, tarla deneme tekniği metodu ve istatistiksel olarak en uygun yöntem olan Augmented deneme desenine göre dizayn edilmiştir.
- ✓ Fasulye genotiplerine ait tohumlar; 70 cm aralıklı olarak, 1 m uzunluğundaki tek sıralara, sıra üzeri 10 cm ve her bir sıraya 10 tohum olacak şekilde iklim koşulları uygun olduğunda Bolu lokasyonunda Nisan, Sivas Lokasyonunda Mayıs ayında elle ekilmiştir.
- ✓ Tüm lokasyonlarda ekimle birlikte dekara saf 4 kg N₂O (azot) ve 6 kg fosfor (P₂O₅) olacak şekilde, toprak analizleri de dikkate alınarak gübreleme yapılmıştır.
- ✓ Deneme süresince her türlü bakım işlemi (yabancı ot mücadelesi, sulama vb.) eksiksiz olarak yerine getirilmiştir.
- ✓ Hasat sonrasında elde edilen fasulye tanelerinde A vitamini analizi yapılmıştır. Deneme ile ilgili bazı görseller Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.2. Tarla denemelerinden görünüm



Şekil 3.3. Sarılıcı fasulye genotiplerine herekleme işleminden bir görünüm



Şekil 3.4. Fasulye hasat işleminden bir görünüm

3.4. Yöntem

3.4.1. Kimyasal Maddeler ve Malzemeler

Çalışmada kullanılan standart maddeler; retinol (A Vitamini) Merck'ten (USA) temin edildi. Milli-Q saflıkta su kullanılmış olup kimyasal çözücü olarak kullanılan; analitiksel saflıkta HCl ve HPLC saflıkta metanol Merck'ten (Almanya) temin edildi.

Çalışma sırasında kullanılan otomatik pipetler (10-100 µL, 20-200 µL, 100-1000 µL ve 1000-5000 µL), kuvarz küvet (USA) ve oto örnekleyici vial kitleri (Agilent, 1,8 mL screw cap), mezür, deney tüpü, balon joje Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Moleküler Genetik ve Biyoteknoloji Laboratuvarından temin edilmiştir.

3.4.2. Kullanılan Cihazlar

Hassas terazi (Bosch S 2000), karıştırıcı vorteks (IKA), pH metre (Schott), etüv (Nüve), vakum pompası (Phenomenex), ve Shimadzu Nexera X2 Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (UHPLC), UV Dedektör (Agilent Technologies), Degazer (Agilent Technologies), Pompa (Agilent Technologies), Kolon (C18, 250 mm x 4 mm) (USA), Oto örnekleyici (Agilent Technologies) ve Bilgisayar (HP) analizler esnasında kullanılmıştır.

3.4.3. Numunelerin HPLC Analizine Hazırlanması

Bu çalışmada, vitamin analizi için literatürde verilen uygun yöntemler (İbrahim ve Yusuf, 2015; Akande ve ark., 2018; Li ve ark., 2018) ile yapılan analiz denemeleri sonucunda en uygun sonuçlar baz alınarak örnekler analize hazırlanmıştır. Gerekli olması durumunda mevcut yöntemler çalışmaya uygun olarak modifiye edilmiştir. Diğer yandan, vitaminler özellikle ışığa karşı oldukça hassastırlar. Bu nedenle solüsyonlar karanlık ortamlarda hazırlanmıştır. Karanlık ortam sağlamak için çalışılacak cam malzemeler alüminyum folyo ile kaplanmıştır. HPLC analizinde de amber viallerin kullanımı tercih edilmiştir.

- ✓ Çalışmada materyal olarak kullanılan fasulye genotiplerine ait tohumlardan 50'şer g alınmış ve laboratuvar tipi valsli değirmen (Sadkiewicz Instruments, Bydgoszcz Polonya) kullanılarak tohum toz haline gelecek şekilde öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir.
- ✓ Öğütülen her örnekten 5 g tartılmıştır.
- ✓ Üzerine 50 ml metanol, 0,25 g askorbik asit ve 5 ml potasyum hidroksit (50 g/100 ml) içeren solüsyon eklenmiştir.

- ✓ Örnekler oda sıcaklığında gece boyunca karıştırılarak (yaklaşık 16 saat) sabunlaşması sağlanmıştır.
- ✓ Sabunlaştırılmış numune çözeltisine, elde edilen çözeltideki alkolün suya oranı 1:1 olacak şekilde ultra saf su eklenmiştir.
- ✓ Sabunlaştırılmış numune solüsyonundan dietil eter ile retinol ekstrakte edilmiştir. İşlem 50 ml ila 150 ml arasında değişen hacimlerde 3 ila 4 defa tekrarlanmıştır.
- ✓ Ekstrakt önce sodyum sülfat ile filtre kağıdından geçirildi ve sonrasında etanol ile damıtılarak su kalıntılarını giderilmiştir. 45 °C'de düşük basınç altında evaporatör yardımıyla buharlaştırılmıştır.
- ✓ HPLC kolonu üzerine enjeksiyon için uygun bir konsantrasyon elde etmek amacıyla, (heksan + 2-propanol (98 + 2) den oluşan mobil faz ile tortu hemen yeniden çözdürülmüştür.

3.4.4. A Vitamini Stok Solüsyonunun Hazırlanması

HPLC analizi için, vitamin A standardı ticari olarak satın alınmıştır. Standart stok çözeltileri günlük hazırlanmıştır. Farklı derişimlerdeki standart çözeltiler, stok çözeltiden çözücüsü ile seyreltilmek suretiyle hazırlanmıştır. Her bir bileşenin konsantrasyona karşı pik alanları baz alınarak kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Bu kalibrasyon eğrisi metodu, bileşenlerin kantitatif tayininde kullanılmıştır.

- ✓ 50 mg A vitamini (C₂₀H₃₀O) tartılmıştır.
- ✓ Balon jojeye konularak bütanol ile hacim 100 ml olacak şekilde çözdürülmüştür.
- ✓ Stok solüsyonunu ışıktan korunarak -20 °C'de muhafaza edilmiştir.
- ✓ Stok solüsyon konsantrasyonu 0,55 mg/ml'dir.
- ✓ HPLC sistemine mililitrede yaklaşık 10 µg retinol içeren standart solüsyonları 20 µl enjekte edilerek saflığı kontrol edilmiştir.

Çizelge 3.6. Kullanılan HPLC sistem özellikleri

Sabit Faz	Mobil Faz	Akış	Enjeksiyon Hacmi	Dedektör	Kolon Boyutu	Floresan
LiChrosorb® Si60	heksan + 2-butanol (98+2)	2 ml/dak	50 µl	UV-VIS	250 mm x 4 mm	Uyarma: 325 nm, Emisyon: 475 nm UV: 325 nm

3.4.5. Numunelerin HPLC Analizi ile Vitamin A Tayini

A vitamini miktarlarının kalitatif ve kantitatif tayini Shimadzu Nexera X2 Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (UHPLC) ile yapılmıştır. Ayrıca, mevcut UHPLC sisteminde UV dedektörü bulunmaktadır. Vitaminlerin HPLC ile tayininde bu dedektör sisteminden faydalanılmıştır. Analizlerde ters faz C18 kolonu kullanılmıştır. Örneklerin HPLC analizinde ilk önce numuneyi bileşenlerine ayırmak ve safsızlıkları uzaklaştırmak için ekstraksiyon, uygun çözücülerle örnek moleküllerinin çözülmesi vb. gibi bir dizi kimyasal işlem uygulanmıştır. Ardından ürün seyreltilip selülozik filtrelerden süzülerek ve HPLC sisteminin örnek odacığına yerleştirilen stok çözelti, cihaz tarafından otomatik bir enjektörle, belirlediğimiz miktarda sabit faza verilmiştir. Sabit basınçta kolon içinden geçirilen belirlediğimiz mobil fazlar örneğimizin içeriğinde bulunan maddeleri değişik hızlarla sürükleyerek birbirlerinden ayırmıştır. Kolonda ayırma uğrayan bileşenler dedektör tarafından sinyal olarak algılanmış ve bu yazılımda bileşenlerinin alıkonma zamanına göre kromatogramları alınmıştır. Ticari olarak satın alınan örnek standartları için de benzer şartlarda kromatogramlar alınmış ve karşılaştırma yapılmıştır. Kalitatif olarak belirlenen numune bileşenlerinin standart kalibrasyon eğrisi metodu ile kantitatif analizleri de yapılmıştır.

HPLC analizlerinde, tekrarlanabilir sonuçların elde edilebilmesi için, uygun kolon, dedektör ve hareketli faz seçimi, kolon şartları, kolon sıcaklığı, hareketli faz akış hızı ve numune enjeksiyon hacmi ve enjeksiyon hızı gibi parametrelere dikkat edilmesi gerekmektedir. Optimum koşullar belirlendikten sonra analizler tekrarlanabilirliği görmek için üçer tekrarlı olarak yapılmıştır.



Şekil 3.5. HPLC’de yapılan analiz aşamasından görünüm



Şekil 3.6. Örneklerin analize hazırlanması aşamasından görünüm

3.5. Moleküler Analizler

3.5.1. DNA İzolasyonu

Çalışmada materyal olarak kullanılan fasulye genotiplerinden seçilmiş tek bitkilerde (2 haftalık dönemde) Genomik DNA analizi Baloch ve ark. (2016) tarafından modifiye edilmiş Doyle ve Doyle (1990)'nin CTAB protokolüne göre yapılmıştır. DNA izolasyonu aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

1. Taze ve genç yapraklardan 100 mg alınarak 2 ml'lik ependorf tüpe konulmuştur.
2. Bitki dokuları ependorf tüp içerisinde sıvı azot ile parçalanmıştır.
3. Her numuneye 1 ml izolasyon solüsyonu (1 M Tris-HCl (pH:8), 0.5 M EDTA (pH:8), 5 M NaCl, %2 w/v cTAB, %2 polivinyl- pyrrolidone-40, %5 sarcosyl) ilave edilmiştir.
4. Örnekler 1 saat boyunca 65 °C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi boyunca 15 dakika aralıklarla hafifçe alt üst edilmiştir.
5. İnkübasyondan çıkan örnekler 5 dakika boyunca buz kalıbında soğutuldu ve üzerine 1 ml chloroform:isoamil alkol (24:1) eklenmiştir.
6. Örnekler 30 dakika boyunca çalkalayıcıda yavaşça çalkalanmıştır.
7. Çalkalayıcıdan alınan örnekler 10.000 rpm'de 30 dakika boyunca santrifüj edilmiştir.
8. Santrifüj sonrasında ependorf tüpte oluşan iki fazdan, üst faz dikkatlice alınarak 1.5 ml'lik yeni bir tüpe aktarılmıştır.
9. Alınan üst faza aynı hacimde ve buzla soğutulmuş izopropanol (-20 °C) ilave edilmiştir. Ardından tüpler 10 kez çok dikkatlice ters-düz edilerek hafifçe çalkalanmıştır.
10. Örnekler tekrar 20 dakika boyunca 10.000 rpm'de santrifüj edilmiştir.
11. İkinci kez santrifüjlenen örneklerde DNA pelletlerinin görünür hale geldiği ve tüpün alt kısmına biriktiği görülmüştür.
12. İzopropanol, pelete zarar vermeden dökülmüştür.
13. Sadece DNA pelletlerini içeren tüplere 1 ml %70 etanol ilave edilerek, 13.000 rpm'de 2 dk santrifüj edilmiştir. Bu işlem DNA'yı diğer kimyasallardan temizlemek için 2 kez tekrarlanmıştır.

14. Üsteki sıvı faz dikkatlice uzaklaştırılarak DNA peletlerinin tüpün alt kısmına çökmesi sağlanmıştır.
15. Ependorf tüpün içinde kalan etanolün buharlaşması için örnekler oda sıcaklığında bekletilmiştir.
16. Elde edilen DNA'lar ultra saf su ile çözündürülerek -20 °C de muhafaza edilmiştir.

3.5.2. DNA Konsantrasyonu

DNA konsantrasyonları %0.8 agaroz jeli kullanılarak ölçülmüş ve NanoDrop (DeNovix DS-11 FX, ABD) ile ayrıca doğrulanmıştır. Çizelge 3.7'de fasulye genotipleri için stok DNA konsantrasyonu gösterilmektedir. Yüksek kaliteli DNA, 50 ng µl-1'lik bir nihai konsantrasyona kadar seyreltilmiştir. DNA örnekleri, sekansa bağlı genotipleme platformu kullanılarak DArTseq analizleri için Avustralya'da Diversity Array Technology Pty, Ltd, (<http://www.diversityarrays.com/>) şirketine gönderilmiştir. Analiz sonucunda 15.616 DArTseq markör üretilmiştir.

Çizelge 3.7. Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019)

Sıra No	Genotip	DNA Konsantrasyonu	260/280
1	Bingöl-1	1157	1.83
2	Bingöl-6	1085	1.85
3	Bingöl-7	923	1.86
4	Bingöl-11	6964	1.86
5	Bingöl-16	1781	1.91
6	Bingöl-18	1007	1.84
7	Bingöl-25	1173	1.88
8	Bingöl-33	804	1.79
9	Bingöl-36	1854	1.85
10	Bingöl-44	413	1.86
11	Bingöl-45	522	1.83
12	Bingöl-52	1776	1.82
13	Bingöl-53	523	1.82

Çizelge 3.7. (Devam) Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019)

Sıra No	Genotip	DNA Konsantrasyonu	260/280
14	Bingöl-58	1566	1.98
15	Bingöl-60	1401	1.84
16	Bingöl-61	1209	1.74
17	Bingöl-63	209	1.79
18	Bingöl-65	297	1.79
19	Hakkari-7	992	1.64
20	Hakkari-11	1565	1.9
21	Hakkari-12	1534	1.9
22	Hakkari-13	2013	1.79
23	Hakkari-16	1711	1.89
24	Hakkari-20	1280	1.9
25	Hakkari-23	2595	1.85
26	Hakkari-28	3128	1.87
27	Hakkari-31	3634	1.91
28	Hakkari-37	3956	1.8
29	Hakkari-38	2170	1.87
30	Hakkari-39	2039	1.83
31	Hakkari-43	3447	1.81
32	Hakkari-44	2103	1.84
33	Hakkari-51	2713	1.89
34	Hakkari-55	3342	1.85
35	Hakkari-59*	1121	1.96
36	Hakkari-63	2320	1.89
37	Hakkari-65	3289	1.9
38	Hakkari-69	3912	1.88
39	Hakkari-71	3516	1.92
40	Hakkari-76	1045	1.78
41	Tokat-83	2473	1.87
42	Kahramanmaraş-92	2126	1.88

Çizelge 3.7. (Devam) Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019)

Sıra No	Genotip	DNA Konsantrasyonu	260/280
43	Bitlis-5	1773	1.85
44	Bitlis-14	1777	1.82
45	Bitlis-16	1506	1.76
46	Bitlis-22	2773	1.89
47	Bitlis-25	3261	1.83
48	Bitlis-35	437	2
49	Bitlis-40	4587	1.84
50	Bitlis-46	4453	1.78
51	Bitlis-48	1813	1.81
52	Bitlis-53	3021	1.8
53	Bitlis-66	2155	1.82
54	Bitlis-69	150	2.05
55	Bitlis-71	4715	1.7
56	Bitlis-79	5298	1.72
57	Bitlis-81	2615	1.77
58	Bitlis-90	2130	1.86
59	Bitlis-94	4128	1.76
60	Bitlis-97	5323	1.72
61	Bitlis-103	9395	1.63
62	Bitlis-105	4808	1.7
63	Bitlis-111	2668	1.85
64	Bitlis-114	4980	1.72
65	Bitlis-115	5412	1.74
66	Bitlis-117	4672	1.87
67	Bitlis-118	3531	1.75
68	Bitlis-119	6312	1.74
69	Bitlis-120	6389	1.74
70	Bitlis-121	6810	1.68
71	Bitlis-124	2864	1.88

Çizelge 3.7. (Devam) Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019)

Sıra No	Genotip	DNA Konsantrasyonu	260/280
72	Malatya-3	2249	2.19
73	Malatya-13	2008	1.93
74	Malatya-14	856	1.96
75	Malatya-18	2616	1.93
76	Malatya-25	1288	1.74
77	Malatya-28	1541	1.97
78	Malatya-32	1399	1.94
79	Malatya-33	689	1.93
80	Malatya-45	2099	1.97
81	Malatya-50	1627	1.97
82	Malatya-51	3823	1.89
83	Malatya-52	1478	1.91
84	Malatya-59	3111	1.87
85	Malatya-71	3012	1.86
86	Tunceli-1	1893	1.89
87	Tunceli-5	3263	1.62
88	Tunceli-11	563	1.17
89	Van-1	6826	1.47
90	Van-11	2622	1.67
91	Van-13	304	1.68
92	Van-17	322	1.85
93	Van-19	9015	1.28
94	Van-25	264	1.79
95	Van-27	490	1.79
96	Van-29	2817	1.96
97	Van-33	812	1.83
98	Van-36	8741	1.9
99	Van-42	8148	1.92
100	Van-47	1982	1.68

Çizelge 3.7. (Devam) Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019)

Sıra No	Genotip	DNA Konsantrasyonu	260/280
101	Van-51	4897	1.82
102	Van-59	4374	1.76
103	Van-64	1377	1.91
104	Van-65	2019	1.89
105	Van-68	6939	1.73
106	Elazığ-2	2784	1.88
107	Elazığ-7	1438	1.88
108	Elazığ-9	2827	1.93
109	Elazığ-10	6529	1.72
110	Elazığ-14	2028	1.98
111	Elazığ-16	2112	1.88
112	Elazığ-25	3144	1.61
113	Elazığ-27	1507	1.88
114	Elazığ-29	169	2.12
115	Elazığ-30	1139	1.91
116	Elazığ-34	8504	1.93
117	Elazığ-36	4281	1.86
118	Elazığ-39	1290	1.92
119	Muş-1	1844	1.93
120	Muş-2	6952	1.85
121	Muş-7	2056	1.99
122	Muş-10	679	1.97
123	Muş-15	758	1.94
124	Muş-18	1086	1.9
125	Muş-22	759	1.99
126	Muş-27	3617	1.82
127	Muş-28	2053	1.87

Çizelge 3.7. (Devam) Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019)

Sıra No	Genotip	DNA Konsantrasyonu	260/280
128	Muş-34	2201	2
129	Muş-39	2054	1.92
130	Muş-41	918	1.94
131	Muş-42	2917	1.94
132	Muş-43	2709	1.45
133	Muş-46	100	1.81
134	Muş-48	146	1.95
135	Muş-49	198	1.57
136	Muş-50	2170	1.96
137	Muş-51	414	1.85
138	Muş-52	1930	1.92
139	Muş-53	3854	1.9
140	Sivas-3	401	2.05
141	Sivas-4	405	1.76
142	Sivas-7	9532	1.92
143	Sivas-12	1747	1.93
144	Sivas-13	193	1.84
145	Sivas-16	191	1.61
146	Sivas-17	262	1.77
147	Sivas-18	199	1.72
148	Sivas-44	1006	1.83
149	Sivas-62	272	1.87
150	Sivas-68	1024	1.86
151	Sivas-69	103	1.68
152	Sivas-70	386	1.85
153	Bilecik-1	531	1.79
154	Bilecik-2	1187	1.85
155	Bilecik-6	507	1.9
156	Bilecik-7	458	1.83

Çizelge 3.7. (Devam) Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019)

Sıra No	Genotip	DNA Konsantrasyonu	260/280
157	Bilecik-8	1416	1.79
158	Bilecik-10	194	1.78
159	Balıkesir-3	275	1.86
160	Balıkesir-4	852	2.29
161	Balıkesir-5	1140	1.86
162	Balıkesir-6	1603	1.88
163	Balıkesir-17	1277	1.8
164	Balıkesir-18	892	1.74
165	Balıkesir-19	409	1.85
166	Balıkesir-20	1585	1.88
167	Düzce-1	320	1.92
168	Düzce-9	456	1.98
169	Yalova-13	1093	1.84
170	Yalova-20	736	1.99
171	Yalova-21	904	1.94
172	Erzincan-1	1065	1.89
173	Erzincan-3	1064	1.85
174	Erzincan-4	1291	1.87
175	Erzincan-5	304	1.9
176	Bursa-1	225	1.82
177	Bursa-22	589	1.87
178	Dermasyon	790	1.9
179	Derinkuyu	459	1.97
180	Civril-Bolu	406	1.97
181	Bolu-Göynük	321	1.89
182	Moralaca	222	1.77
183	Akman+	1585	1.76
184	Göynük+	876	1.73

Çizelge 3.7. (Devam) Nanodropla hesaplanmış DNA'nın kalitesi ve konsantrasyonu (Nadeem, 2019)

Sıra No	Genotip	DNA Konsantrasyonu	260/280
185	Karaceşehir+	1548	1.78
186	Önceler+	787	1.8
187	Göksun+	1819	1.9
188	Akdağ+	776	1.9

+Ticari Çeşitler

3.5.3. İstatistiksel analizler

İstatistiksel analizler için, Rathore ve ark. (2004) tarafından augmented blok deneme desenine uygun olarak geliştirilen çevrimiçi bir yazılım programı kullanılmıştır. Analiz iki adımda gerçekleştirilmiştir; ilk olarak, çevre içinde varyans analizi (ANOVA) yapılarak ortalamalar elde edilmiştir. Ardından elde edilen ortalamalar, hem genotipik hem de genotip $\times$ çevre etkileşiminin belirlenmesi için ANOVA analize tabi tutulmuştur. Fligner-Killeen testi ayrıca varyansın homojenliğini değerlendirmek için birleştirilmiş analizden önce hesaplanmıştır. Çevresel etkilerin belirlenmesinde, Gomez ve Gomez (1984) tarafından önerilen, mixed model denkleminde genotipik etkiler belirlenmiştir. Kalıtım derecesinin hesaplanması için, uygun varyans bileşenleri Habyarimana (2016) tarafından bildirilen, genotip ve çevre etkilerinin belirleneceği lineer mixed model denklemi kullanılarak elde edilmiştir. Kantitatif özellikler, XLSTAT (www.xlstat.com) yazılımı kullanılarak ortalama, aralık değerleri, varyans ve doğrusal korelasyon katsayıları gibi farklı istatistiksel parametreler belirlenmiştir. XLSTAT yazılımı, aynı zamanda ana bileşen analizlerinin (ABA) yapılmasında kullanılmıştır.

3.5.4. Moleküler Markör (DArTseq) Analizi

DArTseq platformlarındaki tüm görüntüleri analiz etmek için DArTsoft v.7.4.7 (DART P / L, Canberra, Avustralya) kullanılmıştır. DArTseq markörleri, Baloch ve ark. (2017) ve Brinez ve ark. (2012) tarafından tarif edilen her bir örneğin genomik sunumunda bir markörün varlığını veya yokluğunu gösteren ikili veri (1/0) olarak puanlanmıştır. DArTseq markörleri, Baloch ve ark. (2017) ve Brinez ve ark. (2012)

tarafından tarif edilen her bir örneğin genomik sunumunda bir markörün varlığını veya yokluğunu gösteren ikili veri (1/0) olarak puanlanmıştır. Bilgilendirici markörleri değerlendirmek için, arama hızı, polimorfizm bilgisi içeriği (PIC) ve tekrarlanabilirlik gibi çeşitli parametreler, tarama amacıyla kullanılmıştır. PIC değerinin 0.3, tekrarlanabilirlik değerinin 1, arama hızı değerlerinin ise 0.9'dan düşük olduğu markörler yanlış çıkarımlardan kaçınmak amacıyla dikkate alınmadan analiz edilmiştir.

3.5.5. Sekanslama ile Genotipleme Analizi

“Türkiyedeki Fasulye Gen Kaynaklarının Önemli Agronomik, Fiziko-Kimyasal, Mineral, Antioksidan ve Pişme Özelliklerinin Genomik Bölgelerinin Genom Çapı İlişkilendirme Çalışmaları (GWAS) ile Belirlenmesi” başlıklı, 2150630 numaralı TÜBİTAK projesi, 15.05.2016-15.05.2019 yılları arasında, 3 yıl süreyle yürütülerek sonuçlandırılmış olup, 182 adet fasulye yerel çeşidi ve 6 adet ticari çeşidinden oluşan toplam 188 adet fasulye genotipinin 15,616 silicoDArT markörleri Diversity array technology firması tarafından üretilmiş ve bu çalışmada GWAS analizi için kullanılmıştır.

3.5.6. Popülasyon yapısı ve GWAS analizi

Popülasyon yapısı Nadeem ve ark. (2018)'nın uygulamış olduğu yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. İncelenen vitaminlerle ilişkili markörlerin belirlenmesinde mixed linear model (MLM, $Q + K$) yaklaşımı kullanılmıştır. İlişkilendirme analizi sırasında popülasyon ve aile yapısını düzeltmek için Q metriksleri (Q) ve kinship (K) yöntemi kullanılmıştır. Akralılık matrisi Bradbury ve ark. (2007) tarafından rapor edilen metodoloji izlenerek TASSEL 5.0.5 (<https://tassel.bitbucket.io>) yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Hem Bonferroni hem de FDR eşiği kullanılmış, FDR ve Bonferroni $P = 0.01$ eşikli DArTseq markörleri vitaminlerle önemli ölçüde ilişkili olmuştur. Vitaminler için istatistiki açıdan önemli markörler, R 3.4.1 istatistik yazılımında (<http://www.r-project.org/>) Manhattan grafiği ile qq-man R paketi kullanılarak görselleştirilmiştir (Turner, 2014). Quantile-Quantile (q-q) grafiği, TASSEL 5.2.50 (<https://tassel.bitbucket.io>) yazılımı aracılığıyla, önemli P-değer dağılımlarını (beklenen $-\log_{10}$ ölçeğinde gözlenen P-değerlerini) görselleştirmek için çizilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çalışmada materyal olarak kullanılan Bolu ve Sivas lokasyonlarında farklı yıllarda elde edilen fasulye genotiplerinin A vitamini içeriklerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Fasulye genotiplerinin A vitamini içeriğine ($\mu\text{g}/100\text{g}$) ait maksimum, minimum ve standart sapma değerleri

Lokasyonlar	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. sapma
BOLU 1. yıl*	1.690	3.340	2.404	0.285
SİVAS 1. yıl*	1.670	3.350	2.371	0.287
BOLU 2. yıl**	1.640	3.370	2.405	0.287
SİVAS 2. yıl**	1.570	3.280	2.396	0.292
SİVAS 3. Yıl***	1.610	3.400	2.400	0.291

*: 2017, **: 2018, ***: 2021

Çizelge 4.1’e göre; farklı yıl ve lokasyonlar birlikte değerlendirildiğinde ortalama A vitamini içeriği fasulye gen kaynaklarında $2,371\text{--}2,405 \mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değişim göstermektedir. Bolu lokasyonu 1. yılda en düşük A vitamini $1,690 \mu\text{g}/100\text{g}$ olarak, en yüksek A vitamini $3,340 \mu\text{g}/100\text{g}$ olarak saptanmıştır (Çizelge 4.1). Sivas lokasyonu 1. 2. ve 3. yılda, A vitamini değerleri sırası ile $1,670\text{--}3,350 \mu\text{g}/100\text{g}$, $1,570\text{--}3,280 \mu\text{g}/100\text{g}$ ve $1,610\text{--}3,400 \mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bolu lokasyonu 2. yılda A vitamini içeriği; $1,640\text{--}3,370 \mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değişirken ortalama $2,405 \mu\text{g}/100\text{g}$ olarak saptanmıştır (Çizelge 4.1). Köse ve ark. (2019), Yenice ve Pınarlı fasulye genotipleri ile yaptıkları çalışmada retinol (A vitamini) içeriğini pınarlı genotipinde $2.00 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olarak ve Yenice genotipinde $4.15 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz veriler benzer çalışmaların bulguları ile örtüşmektedir. Khanal ve ark. (2013), kuru fasulye genotiplerinin kuru tohumlarındaki folat içeriğini karşılaştırmak ve kuru fasulyenin genler arası bir çaprazlamasından türetilen bir popülasyondaki folat içeriğiyle ilişkili kantitatif özellik lokuslarını (QTL) belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; folat içeriğinin $147\text{--}345 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ arasında değiştiğini saptamışlardır. Sarioğlu ve Velioğlu (2018), ülkemizde yetiştirilen fasulye, nohut, mercimek ve bezelye baklagillerinin 100 gramında sırasıyla B1 ve B2 vitamin içeriklerini $0.796\text{--}0.572\text{--}0.159\text{--}0.709 \text{ mg}$ $0.181\text{--}0.164\text{--}0.148\text{--}0.186 \text{ mg}$ olarak bildirmişlerdir.

Hombali ve ark. (2019), A vitamini tüketimini artırmak için temel gıdaların A vitamini içeriklerinin zenginleştirilmesi yönünde çalışmaların yetersiz olduğunu ve bu konu üzerinde önemle durulması gerektiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2. Fasulye genotiplerinin Ana Bileşen Analizi sonuçları

	ABA1	ABA2	ABA3	ABA4	ABA5
BOLU 1. yıl*	0.993	-0.061	-0.045	-0.072	-0.047
SİVAS 1. yıl*	0.992	-0.050	-0.058	0.096	-0.002
BOLU 2. yıl**	0.996	-0.046	0.011	-0.037	0.072
SİVAS 2. yıl**	0.987	0.158	-0.031	-0.008	0.002
SİVAS 3. yıl***	0.992	-0.001	0.123	0.020	-0.024
Özdeğeri	4.921	0.033	0.021	0.016	0.008
Varyans (%)	98.419	0.668	0.429	0.323	0.160
Kümülatif varyans (%)	98.419	99.087	99.517	99.840	100.000

*: 2017, **: 2018, ***: 2021

Çalışmanın yürütüldüğü beş çevre arasındaki farklılıkları hesaplamak amacıyla elde edilen verilere ana bileşen analizi (ABA) uygulanmıştır. Ana Bileşen Analizi sonucunda elde edilen ABA eksenleri ve bunlara ait özdeğerleri, varyans ve kümülatif varyans oranları çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere beş ana bileşenin toplam varyasyonun %100,00’ünü oluşturduğu anlaşılmaktadır. ABA1 eksenini toplam varyasyonun % 98.419’ünü oluşturmuş olup, Sivas lokasyonu 2. yıldan elde edilen veriler en yüksek pozitif özdeğere sahip olmuştur. ABA2 eksenini, %0,668 oranında varyasyon gösterirken yine Sivas lokasyonu 2. yıldan elde edilen veriler ile karakterize edilmiştir. Diğer taraftan, %0,429’luk varyasyon ABA3 eksenini ile açıklanmış ve Sivas lokasyonu 3. yıldan elde edilen veriler bu faktörü en çok karakterize eden özellik olmuştur. ABA4 ve ABA5 eksenleri varyasyonun toplamda sırasıyla %0,323 ve %0,160’ını oluşturmuştur. ABA analizi genel olarak popülasyon içindeki ayrışma derecesini ve desenini ölçmek için kullanılmaktadır (Sharma ve ark., 2009). ABA1 ve ABA2 ana bileşen eksenlerinden elde edilen analitik sonuçlar, Sivas lokasyonunun, bu çalışmada değerlendirilen fasulye popülasyonlarını karakterize etmek için en etkili şekilde kullanılan lokasyon olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, fasulye genotiplerinin karakterizasyonu ve seleksiyonu için, araştırmanın gerçekleştirildiği bu lokasyonların üzerinde durulması önem arz etmektedir.

Çizelge 4.3. Fasulye gen kaynaklarında A vitamini içeriği (µg/100g) değerleri

A vitamini (µg/100g)						
GENOTİP	Bolu 1. yıl*	Sivas 1. yıl*	Bolu 2. yıl**	Sivas 2. Yıl**	Sivas 3. Yıl***	Ortalama
Bingöl-1	2.17	2.18	2.20	2.23	2.18	2.19
Bingöl-6	2.22	2.19	2.28	2.21	2.26	2.23
Bingöl-7	2.36	2.42	2.35	2.31	2.36	2.36
Bingöl-11	2.31	2.36	2.33	2.36	2.33	2.34
Bingöl-16	2.23	2.22	2.26	2.28	2.23	2.24
Bingöl-18	2.34	2.33	2.32	2.42	2.32	2.35
Bingöl-25	2.42	2.38	2.43	2.40	2.40	2.41
Bingöl-33	2.28	2.25	2.20	2.19	2.30	2.24
Bingöl-36	2.28	2.29	2.31	2.26	2.31	2.29
Bingöl-44	2.58	2.62	2.54	2.51	2.56	2.56
Bingöl-45	2.36	2.37	2.40	2.36	2.40	2.38
Bingöl-52	2.51	2.56	2.50	2.60	2.51	2.54
Bingöl-53	2.37	2.35	2.41	2.46	2.36	2.39
Bingöl-58	2.47	2.56	2.26	2.49	2.46	2.45
Bingöl-60	2.12	2.03	2.19	2.06	2.09	2.10
Bingöl-61	2.55	2.65	2.34	2.53	2.55	2.52
Bingöl-63	2.65	2.66	2.59	2.55	2.65	2.62
Bingöl-65	2.51	2.52	2.65	2.57	2.54	2.56
Hakkari-7	2.51	2.53	2.54	2.58	2.52	2.54
Hakkari-11	2.42	2.42	2.41	2.50	2.42	2.43
Hakkari-12	2.52	2.52	2.59	2.56	2.51	2.54
Hakkari-13	2.49	2.50	2.47	2.49	2.50	2.49
Hakkari-16	2.27	2.23	2.30	2.22	2.26	2.26
Hakkari-20	2.48	2.55	2.47	2.43	2.49	2.48
Hakkari-23	2.26	2.24	2.27	2.31	2.26	2.27
Hakkari-28	2.31	2.29	2.29	2.32	2.31	2.30
Hakkari-31	2.19	2.17	2.20	2.27	2.18	2.20
Hakkari-37	2.27	2.33	2.23	2.36	2.26	2.29
Hakkari-38	2.34	2.36	2.33	2.31	2.32	2.33
Hakkari-39	2.68	2.81	2.49	2.63	2.70	2.66
Hakkari-43	2.19	2.13	2.30	2.09	2.21	2.18
Hakkari-44	1.93	1.79	2.24	2.01	1.94	1.98
Hakkari-51	2.67	2.67	2.69	2.73	2.68	2.69
Hakkari-55	2.31	2.26	2.40	2.39	2.32	2.34
Hakkari-59	2.40	2.36	2.37	2.36	2.38	2.37
Hakkari-63	2.37	2.42	2.36	2.39	2.38	2.38

Çizelge 4.3. (Devam) Fasulye gen kaynaklarında A vitamini içeriği (µg/100g) değerleri

GENOTİP	A vitamini (µg/100g)					Ortalama
	Bolu 1. yıl*	Sivas 1. yıl*	Bolu 2. yıl**	Sivas 2. Yıl**	Sivas 3. Yıl***	
Hakkari-65	2.35	2.33	2.40	2.36	2.38	2.36
Hakkari-69	2.18	2.22	2.23	2.14	2.17	2.19
Hakkari-71	2.40	2.43	2.41	2.39	2.41	2.41
Hakkari-76	2.63	2.69	2.61	2.65	2.60	2.64
Tokat-83	2.45	2.40	2.55	2.53	2.46	2.48
K.maraş-92	2.67	2.69	2.66	2.70	2.66	2.67
Bitlis-5	2.49	2.51	2.51	2.53	2.50	2.51
Bitlis-14	2.37	2.35	2.32	2.32	2.37	2.34
Bitlis-16	2.40	2.33	2.49	2.29	2.42	2.39
Bitlis-22	2.41	2.41	2.47	2.43	2.43	2.43
Bitlis-25	2.54	2.67	2.38	2.62	2.53	2.55
Bitlis-35	2.39	2.33	2.55	2.47	2.38	2.42
Bitlis-40	1.93	1.86	2.18	1.95	1.88	1.96
Bitlis-46	2.30	2.28	2.30	2.33	2.31	2.31
Bitlis-48	2.08	2.05	2.12	2.07	2.08	2.08
Bitlis-53	2.08	2.06	2.12	2.04	2.11	2.08
Bitlis-66	2.43	2.47	2.40	2.39	2.43	2.42
Bitlis-69	2.59	2.55	2.63	2.65	2.61	2.61
Bitlis-71	2.23	2.18	2.26	2.23	2.23	2.22
Bitlis-79	2.75	2.76	2.78	2.82	2.77	2.78
Bitlis-81	2.27	2.28	2.29	2.23	2.24	2.26
Bitlis-90	2.39	2.37	2.41	2.38	2.42	2.39
Bitlis-94	2.28	2.30	2.34	2.32	2.31	2.31
Bitlis-97	2.35	2.37	2.32	2.42	2.35	2.36
Bitlis-103	2.12	2.10	2.25	2.13	2.10	2.14
Bitlis-105	2.50	2.43	2.51	2.53	2.51	2.49
Bitlis-111	2.52	2.42	2.57	2.40	2.51	2.48
Bitlis-114	2.62	2.72	2.38	2.57	2.60	2.58
Bitlis-115	2.48	2.35	2.80	2.48	2.52	2.53
Bitlis-117	2.52	2.57	2.47	2.46	2.50	2.50
Bitlis-118	2.23	2.21	2.33	2.23	2.26	2.25
Bitlis-119	2.49	2.49	2.51	2.57	2.49	2.51
Bitlis-120	2.41	2.40	2.40	2.48	2.41	2.42
Bitlis-121	2.37	2.40	2.34	2.36	2.33	2.36
Bitlis-124	2.56	2.52	2.62	2.58	2.57	2.57
Malatya-3	2.11	2.04	2.15	2.08	2.12	2.10
Malatya-13	2.32	2.35	2.25	2.23	2.32	2.30

Çizelge 4.3. (Devam) Fasulye gen kaynaklarında A vitamini içeriği (µg/100g) değerleri

GENOTİP	A vitamini (µg/100g)					Ortalama
	Bolu 1. yıl*	Sivas 1. yıl*	Bolu 2. yıl**	Sivas 2. Yıl**	Sivas 3. Yıl***	
Malatya-14	2.09	2.08	2.25	2.16	2.13	2.14
Malatya-18	2.12	2.14	2.11	2.15	2.10	2.12
Malatya-25	2.51	2.49	2.54	2.59	2.53	2.53
Malatya-28	2.68	2.72	2.59	2.70	2.66	2.67
Malatya-32	2.10	2.04	2.27	2.15	2.11	2.13
Malatya-33	2.25	2.34	2.06	2.20	2.28	2.23
Malatya-45	2.04	2.03	2.18	1.99	2.04	2.06
Malatya-50	2.47	2.56	2.26	2.41	2.48	2.44
Malatya-51	2.13	1.99	2.41	2.18	2.13	2.17
Malatya-52	2.09	2.04	2.14	2.16	2.06	2.10
Malatya-59	2.28	2.29	2.33	2.36	2.26	2.30
Malatya-71	2.37	2.37	2.40	2.43	2.38	2.39
Tunceli-1	2.01	2.04	1.95	1.99	2.00	2.00
Tunceli-5	2.03	2.05	2.05	1.97	2.01	2.02
Tunceli-11	2.12	2.13	2.15	2.13	2.16	2.14
Van-1	2.61	2.58	2.70	2.68	2.62	2.64
Van-11	2.47	2.48	2.45	2.53	2.45	2.48
Van-13	2.13	2.08	2.22	2.21	2.12	2.15
Van-17	1.98	1.97	1.90	1.91	1.96	1.94
Van-19	1.99	2.03	2.01	2.01	1.99	2.01
Van-25	2.18	2.19	2.16	2.20	2.22	2.19
Van-27	1.96	1.95	2.10	1.91	1.96	1.97
Van-29	2.23	2.31	2.01	2.24	2.21	2.20
Van-33	2.06	2.01	2.24	2.12	2.07	2.10
Van-36	2.26	2.34	2.09	2.34	2.26	2.26
Van-42	1.83	1.76	1.85	1.79	1.84	1.81
Van-47	2.32	2.31	2.33	2.25	2.32	2.31
Van-51	2.68	2.69	2.63	2.58	2.69	2.65
Van-59	1.97	1.98	2.04	2.06	1.98	2.01
Van-64	1.93	1.92	2.02	2.01	1.93	1.96
Van-65	2.12	2.13	2.13	2.22	2.10	2.14
Van-68	1.87	1.87	1.94	1.93	1.86	1.89
Elazığ-2	2.76	2.76	2.79	2.73	2.74	2.76
Elazığ-7	2.93	2.94	2.92	2.88	2.95	2.92
Elazığ-9	2.62	2.66	2.61	2.54	2.64	2.62
Elazığ-10	2.73	2.77	2.73	2.69	2.73	2.73
Elazığ-14	2.52	2.42	2.64	2.51	2.53	2.52

Çizelge 4.3. (Devam) Fasulye gen kaynaklarında A vitamini içeriği (µg/100g) değerleri

GENOTİP	A vitamini (µg/100g)					Ortalama
	Bolu 1. yıl*	Sivas 1. yıl*	Bolu 2. yıl**	Sivas 2. Yıl**	Sivas 3. Yıl***	
Elazığ-16	2.77	2.78	2.85	2.88	2.78	2.81
Elazığ-25	2.91	3.01	2.70	2.96	2.89	2.90
Elazığ-27	2.52	2.48	2.67	2.55	2.50	2.54
Elazığ-29	3.06	3.16	2.85	3.05	3.06	3.04
Elazığ-30	2.20	2.28	2.20	2.17	2.19	2.21
Elazığ-34	2.25	2.25	2.37	2.30	2.27	2.29
Elazığ-36	2.39	2.37	2.49	2.49	2.41	2.43
Elazığ-39	2.45	2.51	2.43	2.45	2.42	2.46
Muş-1	2.66	2.64	2.63	2.64	2.64	2.64
Muş-2	2.75	2.69	2.73	2.65	2.75	2.71
Muş-7	2.49	2.51	2.46	2.47	2.49	2.48
Muş-10	2.59	2.60	2.66	2.55	2.60	2.60
Muş-15	2.21	2.19	2.31	2.21	2.23	2.23
Muş-18	2.18	2.22	2.22	2.26	2.17	2.21
Muş-22	2.32	2.33	2.33	2.39	2.30	2.33
Muş-27	2.39	2.46	2.27	2.37	2.34	2.36
Muş-28	2.52	2.43	2.66	2.53	2.53	2.54
Muş-34	2.31	2.30	2.31	2.29	2.31	2.30
Muş-39	2.56	2.62	2.35	2.52	2.58	2.53
Muş-41	2.11	2.27	1.98	2.15	2.12	2.13
Muş-42	1.94	1.78	2.24	2.01	1.95	1.99
Muş-43	2.30	2.33	2.32	2.36	2.30	2.32
Muş-46	2.15	2.12	2.24	2.24	2.14	2.18
Muş-48	2.20	2.20	2.24	2.27	2.22	2.23
Muş-49	2.34	2.40	2.26	2.29	2.31	2.32
Muş-50	2.89	2.87	2.92	2.85	2.92	2.89
Muş-51	1.99	2.01	2.04	1.93	2.00	1.99
Muş-52	2.23	2.21	2.21	2.18	2.25	2.22
Muş-53	2.70	2.71	2.64	2.68	2.68	2.68
Sivas-3	2.74	2.68	2.84	2.81	2.75	2.76
Sivas-4	2.84	2.88	2.85	2.92	2.82	2.86
Sivas-7	2.69	2.69	2.68	2.71	2.68	2.69
Sivas-12	2.50	2.53	2.47	2.47	2.54	2.50
Sivas-13	2.42	2.41	2.53	2.37	2.40	2.42
Sivas-16	2.30	2.30	2.36	2.31	2.34	2.32
Sivas-17	2.82	2.90	2.66	2.89	2.83	2.82
Sivas-18	2.48	2.56	2.31	2.56	2.49	2.48

Çizelge 4.3. (Devam) Fasulye gen kaynaklarında A vitamini içeriği (µg/100g) değerleri

GENOTİP	A vitamini (µg/100g)					Ortalama
	Bolu 1. yıl*	Sivas 1. yıl*	Bolu 2. yıl**	Sivas 2. Yıl**	Sivas 3. Yıl***	
Sivas-44	1.93	1.78	2.09	1.84	1.89	1.90
Sivas-62	1.74	1.70	1.66	1.63	1.75	1.70
Sivas-63	2.45	2.43	2.50	2.44	2.46	2.45
Sivas-69	2.29	2.37	2.29	2.25	2.29	2.30
Sivas-70	2.41	2.43	2.43	2.43	2.45	2.43
Bilecik-1	2.08	2.05	2.06	2.08	2.05	2.06
Bilecik-2	1.74	1.72	1.75	1.81	1.75	1.75
Bilecik-6	1.67	1.66	1.70	1.68	1.65	1.67
Bilecik-7	1.90	1.92	1.90	1.93	1.90	1.91
Bilecik-8	1.61	1.57	1.60	1.53	1.58	1.58
Bilecik-10	2.00	2.01	1.94	1.90	2.00	1.97
Balıkesir-3	2.91	2.92	2.93	2.91	2.92	2.92
Balıkesir-4	3.07	3.13	3.05	3.15	3.07	3.10
Balıkesir-5	2.96	2.90	3.14	3.03	2.97	3.00
Balıkesir-6	3.13	3.13	3.18	3.24	3.11	3.16
Balıkesir-17	2.68	2.59	2.83	2.71	2.70	2.70
Balıkesir-18	3.15	3.26	2.93	3.13	3.14	3.12
Balıkesir-19	2.75	2.60	3.02	2.71	2.77	2.77
Balıkesir-20	2.98	3.01	2.92	2.90	2.96	2.96
Düzce-1	2.56	2.51	2.60	2.60	2.57	2.57
Düzce-9	2.30	2.29	2.26	2.31	2.28	2.29
Yalova-13	2.60	2.64	2.63	2.72	2.60	2.64
Yalova-20	2.18	2.19	2.24	2.21	2.16	2.20
Yalova-21	2.23	2.25	2.20	2.22	2.23	2.23
Erzincan-1	1.96	1.92	2.04	1.95	2.00	1.97
Erzincan-3	2.68	2.66	2.80	2.71	2.71	2.71
Erzincan-4	2.50	2.50	2.49	2.53	2.49	2.50
Erzincan-5	2.29	2.32	2.31	2.33	2.30	2.31
Bursa-1	2.73	2.68	2.73	2.78	2.74	2.73
Bursa-22	2.14	2.05	2.20	2.03	2.14	2.11
Dermansoy	2.45	2.45	2.48	2.46	2.46	2.46
Derinkuyu	2.72	2.86	2.53	2.68	2.72	2.70
Civril-Bolu	3.22	3.19	3.35	3.15	3.23	3.23
Bolu-Göynük	2.03	1.91	2.35	2.12	2.03	2.09
Bolu-Moralaca	2.18	2.17	2.20	2.26	2.18	2.20

Çizelge 4.3. (Devam) Fasulye gen kaynaklarında A vitamini içeriği (µg/100g) değerleri

A vitamini (µg/100g)						
GENOTİP	Bolu 1. yıl*	Sivas 1. yıl*	Bolu 2. yıl**	Sivas 2. Yıl**	Sivas 3. Yıl***	Ortalama
TİCARİ ÇEŞİTLER						
Akman	2.98	2.97	2.97	2.97	2.99	2.98
Göynük	2.45	2.45	2.50	2.47	2.45	2.46
Karacaşehir	2.79	2.82	2.79	2.81	2.79	2.80
Önceler	2.75	2.74	2.75	2.73	2.74	2.74
Göksun	2.76	2.75	2.75	2.75	2.77	2.76
Akdağ	2.54	2.52	2.56	2.56	2.53	2.54

*: 2017, **: 2018, ***: 2021

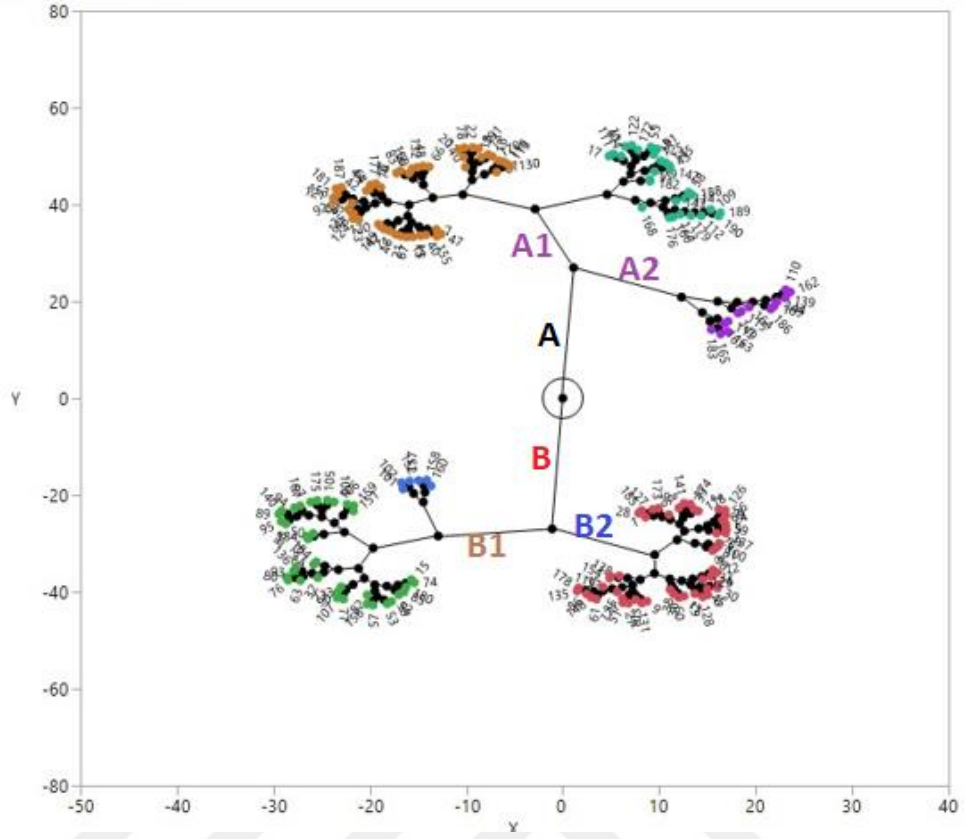
Çalışmada materyal olarak kullanılan fasulye genotipleri ve fasulye çeşitlerine ait A vitamini içerikleri çizelge 4.3'te verilmiştir. HPLC cihazı kullanılarak yapılan analizler sonucunda tüm yıllar ve tüm lokasyonlar içerisinde en düşük A vitamini içeriğine sahip genotip Bilecik-8 olmuştur (Çizelge 4.3). Fasulye genotipleri arasında Bolu lokasyonu 1. ve 2. yılda ve Sivas lokasyonu 3. yılda en yüksek A vitamini içeriği, Civrili-Bolu genotipinde sırası ile 3.22 µg/100g, 3.35 µg/100g, 3.23 µg/100g olarak saptanmıştır. Tablo 2'de Sivas lokasyonu 1. yılda 3.26 µg/100g ile Balıkesir-18 genotipinin, yine aynı lokasyonun 2. yılında ise 3.24 µg/100g ile Balıkesir-6 genotipinin en yüksek A vitamini içeriğine sahip olduğu görülmektedir. HPLC analizi sonrasında incelenen A vitamini özelliği bakımından tüm yıllar ve tüm lokasyonların ortalamasına bakıldığında Bilecik-8 genotipi 1.58 µg/100g ile en düşük, Civrili-Bolu genotipi 3.23 µg/100g ile en yüksek içeriğe sahip genotip olduğu saptanmıştır. Gen kaynakları içinde yer alan yerel çeşitler, yetiştirildiği yöre ekolojik koşullarına olan adaptasyon yetenekleri ve genetik çeşitliliğe olan katkıları ile çeşit geliştirme ve ıslah çalışmalarında genitör olarak kullanılmaları bakımından oldukça önemli kaynaklar olarak değerlendirilmektedirler (Vandemark ve ark., 2017). Kullanılan ticari çeşitler arasında tüm yıllar ve tüm lokasyonlar içerisinde en düşük A vitamini içeriği Göynük çeşidinde saptanırken, en yüksek A vitamini içeriği Akman çeşidinde saptanmıştır (Çizelge 4.3). Çeşitler içerisinde A vitamini içeriği bakımından tüm yıllar ve tüm lokasyonların ortalaması 2.46-2.98 arasında değişim göstermiştir. Fasulye genotiplerinin tümü birlikte değerlendirildiğinde, tüm yıllar ve tüm lokasyonlar içerisinde en düşük A vitamini içeriğine sahip genotipin Bilecik-8 olduğu ve

en yüksek A vitamini içeriğine sahip genotipin Civril-Bolu olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Günlük diyetimizde önemli bir yeri olan fasulyede, besin değeri bakımından daha yüksek içeriğe sahip olan genotiplere ıslah çalışmalarında öncelik verilmesi ve daha zengin vitamin içeriğine sahip fasulye çeşitlerinin geliştirilmesi; daha kaliteli ve besin değeri yüksek ürün elde edilmesi bakımından büyük önem arz etmektedir.

Çizelge 4.4. Fasulye gen kaynaklarında A vitamini varyans analizi ve kalıtım derecesi

A VİTAMİNİ					
Kaynak	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Pr(>F)
Çevre	4	0.310747	0.077687	23.15593	2.95E-18
Genotip	184	155.7559	0.8465	252.3146	0
Genotip × Çevre	736	7.026215	0.009546	2.845504	1.53E-50
Hata	920	3.086542	0.003355		
Kalıtım derecesi			0.98		

Fasulye genotiplerinde, beş farklı çevre ve iki farklı lokasyonda A vitamini içeriği bakımından genotip, genotip×çevre ve her ikisinin (G×E) interaksiyonunun etkilerini belirlemek için varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda A vitamini içeriği bakımından çevre ve genotip x çevre interaksiyonunun istatistiksel olarak yüksek oranda anlamlı olduğu saptanırken, genotipik etkilerin ($p<0.01$)'de anlamlı olmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.4). Çalışmada, A vitamininin oldukça yüksek kalıtım düzeyinde (0.98) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Fasulye gen kaynaklarına ait benzerlik takımyıldızı grafiği

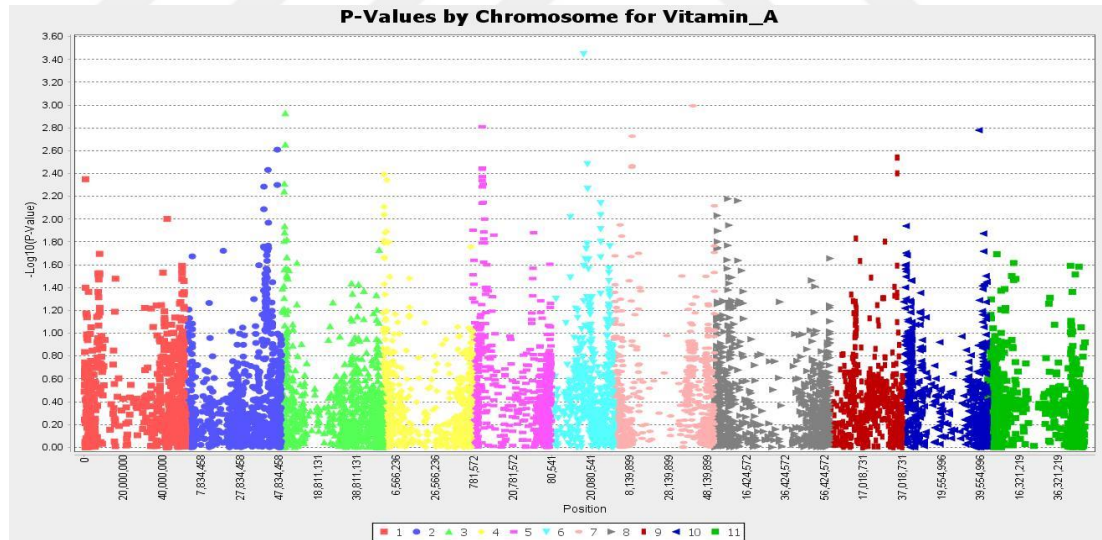
Oluşturulan dendrogramda, incelenen genotipler, A vitamini içeriği bakımından A ve B olarak iki gruba ayrılmıştır. B grubu, A grubuna kıyasla daha az sayıda genotip ile temsil edildiği görülmektedir. A grubu, A1 ve A2 olarak iki alt gruba bölünmüş olup, A2 alt grubu A1'e kıyasla daha yüksek A vitamini içeriğini sahip genotiplerden oluşmaktadır (Şekil 4.1). A grubuna benzer şekilde, B grubu da B1 ve B2 olarak iki alt gruba bölünmüştür. B2 alt grubu, B1'e kıyasla daha fazla sayıda genotipi kümelemiştir. B2 alt grubu B1'e kıyasla daha yüksek A vitamini içeriğini sahip genotiplerden oluşmaktadır. Oluşturulan dendrogram sayesinde, bu çalışmada kullanılan fasulye gen kaynakları A vitamini içeriği bakımından genotipleri birbirine olan yakınlık seviyesine göre başarılı olarak gruplandırmıştır (Şekil 4.1). Oluşan her alt grubun kendi içinde yer alan genotipler ile arasındaki benzerlik oranı yüksektir. 188 fasulye genotipi ile yürütülen bu çalışma ülkemizin yerel fasulye genetik kaynakları açısından zengin bir çeşitliliğe sahip olduğunu göstermektedir. Çancı ve ark. (2019), fasulye yerel ekotiplerinde genetik kaynaklarının biyolojik çeşitliliği ve karakterizasyonunu araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada üstün kalite özelliklerine sahip yerel ekotiplerin toplanıp karakterize edilerek ıslah

programlarına dahil edilmesinin; fasulye tarımının geliştirilmesinde oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir. Türkiye genel anlamda fasulye biyoçeşitliliği açısından zengin kabul edilmektedir. Sözen ve ark. (2012), Batı Karadeniz Bölgesi, Pekşen ve Gülümser (2005), Karadeniz Bölgesi, Elkoca ve Çınar (2015), Doğu Anadolu Bölgesi, Anlarsal ve ark. (2000), Doğu Akdeniz Bölgesi fasulye genetik kaynakları ile yaptıkları çalışmalar fasulyenin zengin yerel çeşitliliğe sahip olduğunu işaret etmektedir.

Çizelge 4.5. Türk fasulye gen kaynaklarında bazı vitamin içerikleri için istatistiki açıdan önemli düzeyde ilişkili DArTseq markörleri

Özellik	Marker	Kromozom	Pozisyon	p	MarkerR2
Vitamin_A	3367588	6	16519249	3.57E-04	0.07977

DARTseq markörleri içerisinde A vitamini ile ilişkili 6. kromozom üzerinde dağılım gösteren 3367588 numaralı sadece bir markör önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5; Şekil 4.2). 6. kromozom üzerinde bulunan bu markör, A vitamini için varyasyonun %0.08'ini açıklamaktadır.



Şekil 4.2. Fasulyede DArTseq markörleri kullanarak oluşturulan A vitaminine ait Manhattan grafiği

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 3367588 numaralı yalnız bir markör ile A vitamini içeriği bakımından önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.5; Şekil 4.2). Bu markör fasulye genomu içerisinde 6. kromozom üzerinde dağılım göstermiştir

(Çizelge 4.5; Şekil 4.2). 3367588 numaralı markör 6. Kromozomun 16519249 pozisyonunda yer almıştır. Bu markör %0.08 oranında varyasyonu göstermiştir. Li ve ark. (2010), soya fasulyesinde Vitamin E ile ilişkili 5 QTL, Martin ve ark. (2021), 96 adet fasulye genotipinin folat içeriğini belirleyerek yaptıkları GWAS analizi sonucunda 4, 6, 8 ve 11. Kromozomlar üzerinde toplam 6 QTL (kantitatif özellik lokusları), Santos ve Simon (2002), provitamin A karotenleri, ilişkili QTL'leri araştırdığı çalışmada, sırasıyla n-karoten, a-karoten, b-karoten, likopen ve fitoen birikimi ile ilişkili dört, sekiz, üç, bir ve beşinci kromozomda olası QTL tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Li ve ark. (2016), soya fasulyesindeki E vitamini içeriğinin altında yatan kantitatif özellik lokuslarının (QTL'ler) haritalandırılması amacıyla yaptıkları çalışmada QTL $\times$ çevre etkilerini gösteren toplam 18 QTL tespit etmiştir. Liu ve ark. (2017), soya fasulyesi tohumlarındaki E vitamini ile ilişkili kantitatif özellik lokuslarını (QTL) tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmada α -tokoferol için 21 adet, γ -tokoferol için 17 adet, δ -tokoferol için 13 adet ve toplam E vitamini için 15 adet QTL saptamışlardır. QTL'lerin genomda 9, 10, 15, 18 ve 19. kromozomlarda bulunduğunu bildirmişlerdir. Her bir QTL'in altında yatan fenotipik varyansın %2,4 ile %32,6 arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. α -Toc, γ -Toc, δ -Toc ve toplam E vitamini içerikleri ile ilişkili iki ana QTL (BARCSOYSSR_10_1140 - BARCSOYSSR_10_1188 ve BARCSOYSSR_15_0855 - BARCSOYSSR_15_0887) 10. ve 15. kromozomlarda eşlenmiştir. Araştırmacılar, çalışma sonucunda elde ettikleri QTL'lerin, yüksek vitamin içeriğine sahip yeni çeşit geliştirme çalışmalarında marker destekli seleksiyona katkıda bulunabileceğini belirtmişlerdir. Zhang ve ark. (2015), soya fasulyesinde E vitamini ile ilişkili QTL'leri haritalamak amacıyla yaptığı çalışmada, E vitamini ve tokoferol içerikleri ile ilgili 8 adet aditif QTL ve 12 adet epistaz QTL tespit etmiştir. Aditif QTL ve epistatik QTL çiftlerinin fenotipik varyanslara olan katkıları, α -tokoferol için %8,68 (iki QTL) ve %15,57 (dört çift), γ -tokoferol için %8,59 (iki QTL) ve %11,57 (iki çift), δ -tokoferol için %5,44 (bir QTL) ve %17,61 (üç çift) ve toplam E vitamini içeriği için sırasıyla %11,39 (üç QTL) ve %9,48 (üç çift) olarak belirlenmiştir. Buna göre, E vitamini içerikleri bakımından marker destekli seleksiyon çalışmalarında hem aditif hem de epistatik çoklu QTL'lerin dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Ma ve ark. (2017), bezelyedeki (*Pisum sativum* L.) tohum mineral konsantrasyonları ve içerikleri bakımından genom çapında SNP tanımlaması ve QTL haritalaması oluşturmak amacıyla yaptıkları çalışmada mineral konsantrasyonu

bakımından 46 QTL, mineral içeriği bakımından 37 adet QTL ve tohum ağırlığı bakımından 6 adet QTL tespit etmişlerdir. Khanal ve ark. (2013), seçilen kuru fasulye genotiplerinin kuru tohumlarındaki folat içeriğini karşılaştırmak ve kuru fasulyenin genler arası bir çaprazlamasından türetilen bir popülasyondaki folat içeriğiyle ilişkili kantitatif özellik lokuslarını (QTL) belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; folat içeriğinin 147-345 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ arasında değiştiğini saptamışlardır. Folat içeriği ile ilişkili 4 QTL tanımlamışlardır. Bu QTL'ler toplam fenotipik varyansın %7,7 ile %10,5'ini oluşturmuştur. Çalışma bulgularımızdan ve benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar sayesinde tespit edilen markörlerin ve kromozom pozisyonlarının; incelenen özellikle ilgili moleküler belirteçlerin geliştirilmesinde ve aday gen seçiminde faydalı olacağını düşünmekteyiz.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sahip olduğu biyoçeşitlilik ve iklimsel zenginlikle dünyanın en büyük tohum bankalarından biri olma özelliğini taşıyan Türkiye, tarımsal ürün çeşitliliği bakımından güçlü bir konumdadır. Gerek tarla bitkileri, bahçe bitkileri gerekse hayvansal üretimde hem üreten hem de ihraç eden Türkiye pek çok üründe küresel tarım piyasasına etki edebilecek kapasitede olduğu bilinmektedir. Geniş, verimli ve farklı coğrafik yapısı ile toprakların verimliliği göz önüne alındığında, önemli ürün gruplarında Türkiye'nin çok güçlü yönlerinin olduğu bilinen bir gerçektir. Yemeklik tane baklagiller ailesinin bir üyesi olan fasulye ülkemizin çok değişik ekolojilerinde yetiştirilebilmektedir.

Günümüzde tüketiciler, gıdaların besin değeri, tadı, aroması ve pişme kalitesi gibi konularda daha dikkatli, talepkâr ve seçici davranmaya başlamıştır (Salles ve ark., 2008). Yapılan ıslah çalışmaları sonrasında geliştirilen kaliteli fakat daha az lezzetli ve besin değeri düşük ticari fasulye çeşitlerine karşı tüketiciler tarafından olumsuz tepkiler artmaya başlamıştır (FAO, 2021b). Gıda üreticileri artan tüketim talebini karşılamak ve birim alandan daha fazla gelir elde edebilmek için daha çok verim potansiyelini artırmak üzerine yoğunlaşmıştır (Celmeli ve ark., 2018). Söz konusu ticari kaygıdan dolayı besin değeri, tat, aroma gibi kalite özellikleri büyük ölçüde çeşit ıslah programlarında yer almamış ve kalite kriterleri göz ardı edilmiştir. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) dünyada ve ülkemizde üretimi yapılan; protein, vitamin, diyet lif ve mineral maddeler yönünden zengin, kalorisi düşük, güvenli gıda ve sağlıklı gıda arzı açısından, özellikle dünyadaki gelişmekte olan toplumlar için dengeli beslenmede önemli yere sahip bir baklagil bitkisidir (Bekar ve ark., 2019). Fasulye yetiştiriciliğinde, kullanılan çeşitlere bağlı olarak tane kalitesi yönünden belirgin düzeylerde farklılıklar bulunmaktadır. Fasulyenin; besin içeriği zenginleştirilmiş, verimli ve daha kaliteli çeşitlerin geliştirilmesi ve ticarete konu olması ülkemiz ve insan sağlığı için oldukça önemlidir.

Bu çalışma ile fasulye yerel ve ticari çeşitlerinde insan sağlığı açısından oldukça önemli yeri olan A vitamini içeriğinin detaylı incelemesi yapılmış ve araştırma sonucunda fasulye genotiplerinin kalite potansiyeli (A vitamini içeriği bakımından) ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda fasulye genotiplerinde A vitamini içeriği bakımından varyasyon saptanmıştır. Yapılan varyans analizi (ANOVA) sonucunda A vitamini içeriği bakımından çevre ve genotip x çevre interaksiyonunun istatistiksel olarak

%1 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Genotipler arasında en yüksek A vitamini içeriğine sahip genotip; “Civril-Bolu”, ticari çeşitlerde ise Akman olmuştur. Beş çevrede üstün performans gösteren toplam 13 fasulye genotipi (Civril-Bolu, Balıkesir-3, Balıkesir-4, Balıkesir-5, Balıkesir-6, Balıkesir-18, Balıkesir-20, Elazığ-7, Elazığ-25, Elazığ-29, Muş-50, Sivas-4, Sivas-17) yüksek oranda A vitamini içeriğine sahip olmaları ile bu yönde yapılacak ıslah çalışmalarında genitör olarak kullanılabilecekleri fikrini uyandırmaktadır. Çalışmada, DArTseq markör tekniği kullanılarak yapılan GWAS analizi sonucunda A vitamini ile ilişkili 6. kromozom üzerinde dağılım gösteren 3367588 numaralı sadece bir markör önemli bulunmuştur. Tespit edilen bu markör fasulye genotiplerinin A vitamini içeriği bakımından besinsel değerini arttırmak için kullanılarak insanlığın yetersiz beslenme sorununun çözüm noktasında katkı sağlayabilecektir. Bunun yanında elde ettiğimiz bulgular sonucunda, kalite özelliklerinden biri olan A vitamini içeriği bakımından detaylı analizi yapılan genotipler arasında üstün performans gösteren yerel ve ticari çeşitler ıslah programı kapsamında daha kaliteli ve verimli fasulye çeşidi geliştirmeye yönelik çalışmalarda kullanılabilecektir.

Değişen dünya konjonktürü çerçevesinde Türkiye, tarımsal üretim planlamasını öncelikle akraba ülkeler ve komşuları ile birlikte yaklaşık 600 milyon nüfusu besleyebilecek şekilde yapmalıdır. Güçlü bir savunma sanayine sahip olmamız ne kadar önemli ise, insanların beslenmesi için yeter düzeyde güvenli gıda temini, geleceğin dünyasında rol alabilmek açısından son derece büyük önem taşımaktadır. Bu yönüyle düşünüldüğünde elde edilen ürünün miktarı kadar besleyiciliği de ön plana çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akande, T., Onyezili, F.N., & Ikwebe, J., 2018. Biochemical characterisation of soybean germplasms with respect to bioavailable iron and zinc, vitamin A and crude protein. **African Journal of Biochemistry Research**, 12 (4): 40-44.
- Alzate-Marin, A., Costa, M., Sartorato, A., Peloso, J., Borro, E., Moreira, M., 2003. Genetic Variability and Pedigree Analysis of Brazilian Common Bean Elite Genotypes. **Scientia Agricola**, 60 (2): 283-290
- Anlarsal, A.E., Yücel, C., Özveren, D., 2000. The determination of seed yield and yield components in some bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars and correlations between these characters under the çukurova conditions. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 24: 19-29.
- Anonim 2021.
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Vitaminler%20Ve%20Mineral%20Maddeler.pdf. Erişim tarihi: 20.01.2022.
- Aslam, J., Mohajir, M.S., Khan, S.A., & Khan, A.Q., 2008. HPLC analysis of water-soluble vitamins (B1, B2, B3, B5, B6) in in vitro and ex vitro germinated chickpea (*Cicer arietinum* L.). **African Journal of Biotechnology**, 7 (14).
- Augustin, J., Beck, C.B., Kalbfleish, G., Kagel, L.C., & Matthews, R.H., 1981. Variation in the vitamin and mineral content of raw and cooked commercial *Phaseolus vulgaris* classes. **Journal of Food Science**, 46 (6): 1701-1706.
- Aydin, M.F., & Baloch, F.S., 2019. "Exploring the genetic diversity and population structure of Turkish common bean germplasm by the iPBS-retrotransposons markers". **Legume Research-An International Journal**, 42, 18-24.
- Azeez, M.A., Adubi, A.O., Durodola, F.A., 2018. "Landraces and Crop Genetic Improvement". In **Rediscovery of Landraces as a Resource for the Future**. IntechOpen, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75944>.
- Baloch, F.S., Alsaleh, A., Andeden, E.E., Hatipoğlu, R., Nachit, M., Özkan, H., 2016. "High levels of segregation distortion in the molecular linkage map of bread wheat representing the West Asia and North Africa region". **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 40, 352-364.
- Baloch, F.S., Alsaleh, A., Shahid, M.Q., Çiftçi, V., de Miera, L.E.S., Aasim, M., Nadeem, M.A., Aktaş, H., Özkan, H. Hatipoğlu, R., 2017. "A whole genome DArTseq and SNP analysis for genetic diversity assessment in durum wheat from central fertile crescent". **PloS one**, 12, e0167821.
- Basu, P., Zhang, Y., Lynch, J.P., Brown, K.M., 2007. Ethylene modulates genetic, positional, and nutritional regulation of root plagiogravitropism. **Functional Plant Biology**, v.34, p.41-51
- Bekar, N.K., Sağlam, N. & Balkaya, A., 2019. Bazı Sırik Fasulye Genotiplerinin Bakla Özellikleri ve Bakla Kalitesi Yönünden Varyasyonun Değerlendirilmesi. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 29 (1): 127-135.
- Bellucci, E., Bitocchi, E., Rau, D., Rodriguez, M., Biagetti, E., Giardini, A., Attene, G., Nanni, L., & Papa, R., 2014. Genomics of origin, domestication and evolution of *Phaseolus vulgaris*. **Genomics of plant genetic resources**, 483-507.
- Bennasir, H., Sridhar, S., & Abdel-Razek, T.T., 2010. Vitamin A from physiology to disease prevention. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, 1(1): 68-73.
- Blair, M.W., 2013. Mineral biofortification strategies for food staples: the example of

- common bean. **Journal of agricultural and food chemistry**, 61 (35): 8287-8294.
- Blair, M.W., Astudillo, C., Grusak, M.A., Graham, R. and Beebe, S.E., 2009. "Inheritance of seed iron and zinc concentrations in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)". **Molecular Breeding**, 23, 197-207.
- Bouis, H.E., Saltzman, A., 2017. "Improving nutrition through biofortification: a review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016". **Global food security**, 12, 49-58.
- Bradbury, P.J., Zhang, Z., Kroon, D.E., Casstevens, T.M., 2007. Ramdoss Y and Buckler ES "TASSEL: software for association mapping of complex traits in diverse samples". **Bioinformatics**, 23: 2633-2645.
- Brinez, B., Blair, M.W., Kilian, A., Carbonell, S.A.M., Chiorato, A.F., Rubiano, L.B., 2012. "A whole genome DArT assay to assess germplasm collection diversity in common beans". **Molecular breeding**, 30, 181-193.
- Broughton, W.J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J., 2003. Beans (*Phaseolus* spp.) model food legumes. *Plant and soil*, 252 (1): 55-128.
- Celmeli, T., Sarı, H., Canci, H., Sarı, D., Adak, A., Eker, T., & Toker, C., 2018. The nutritional content of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in comparison to modern varieties. **Agronomy**, 8 (9): 166.
- Ceyhan, E., Kahraman, A. and Önder, M., 2012, The impacts of environment on plant products. **International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics**, 2 (1): 48-51.
- Chandrasekaran, A., Ravisankar, R., Harikrishnan, N., Satapathy, K.K., Prasad, M.V.R., Kanagasabapathy, K.V., 2015. "Multivariate statistical analysis of heavy metal concentration in soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu, India–Spectroscopical approach". **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, 137, 589-600.
- Craig, W.J., & Mangels, A.R., 2009. Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. **Journal of the American dietetic association**, 109 (7):1266.
- Craig, W.J., 2009. Health effects of vegan diets. **The American journal of clinical nutrition**, 89 (5): 1627-1633.
- Çancı, H., Kantar, F., Bozkurt, M., Yeken, M.Z., Çiftçi, V., & Göksel, Ö., 2019. Batı Anadolu fasulye genetik kaynaklarının biyolojik çeşitliliğinin araştırılması ve karakterizasyonu. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi**, 22, 251-263.
- Doyle, J.J., 1990. "Isolation of plant DNA from fresh tissue". **Focus**, 12, 13–15.
- Elkoca, E., Çınar, T., 2015. The adaptation, agronomical and quality characteristics of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars and lines under Erzurum ecological conditions. **Anadolu Journal of Agricultural Science**, 30: 141- 153.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., & Jones, C.A., 2010. Growth and mineral nutrition of field crops. **CRC**.
- FAO, 2021a. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>. Erişim tarihi:20.01.2022
- FAO, 2021b. <http://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>. Erişim tarihi:20.01.2022
- FAO, W.F.P., 2015. "IFAD (2012) The state of food insecurity in the world 2012. Economic Growth is necessary but not Sufficient to Accelerate Reduction of Hunger and Malnutrition". FAO, Rome, Italy,1-61.
- Fitzpatrick, T.B., Basset, G.J., Borel, P., Carrari, F., DellaPenna, D., Fraser, P.D., Hellmann, H., Osorio, S., Rothan, C., Valpuesta, V., Caris-Veyrat, C., 2012. "Vitamin deficiencies in humans: can plant science help?". **The Plant Cell**, 24,

395-414.

- Freytag, G.F., and Debouck, D.G., 2002. Taxonomy, Distribution, and Ecology of the Genus *Phaseolus* (*Leguminosae-Papilionodeae*) in North America, Mexico and Central America, **SIDA Botanical Miscellany**, Issue 23.
- Frossard, E., Bucher, M., Mächler, F., Mozafar, A., Hurrell, R., 2000. "Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition". **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 80, 861-879.
- Gaikwad, K.B., Rani, S., Kumar, M., Gupta, V., Babu, P.H., Bainsla, N.K., & Yadav, R., 2020. Enhancing the nutritional quality of major food crops through conventional and genomics-assisted breeding. **Frontiers in Nutrition**, 7, 533453.
- Geçit, H.H., Çiftçi, C.Y., Emeklier, Y., İkincikarakaya S., Adak, S., 2011. **Tarla Bitkileri**. Ankara Üniversitesi Yayınları (sayfa. 279) Türkiye
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., & Toulmin, C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, 327 (5967): 812-818.
- Gomez, K.A. and Gomez, A.A., 1984. "**Statistical Procedures for Agricultural Research**", Second Edition, John Wiley & Sons. New York.
- Graham, P.H., and Vance, C.P., 2002. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. **Field Crop Research**. 65, 93–106.
- Habyarimana, E., 2016. Genomic prediction for yield improvement and safeguarding of genetic diversity in CIMMYT spring wheat ('*Triticum aestivum*' L.). **Australian Journal of Crop Science**, 10 (1).
- Hombali, A.S., Solon, J.A., Venkatesh, B.T., Nair, N.S., & Peña-Rosas, J.P., 2019. Fortification of staple foods with vitamin A for vitamin A deficiency. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, (5).
- Ibrahim, I.A.A., Yusuf A.J., 2015. Quantitative determination of iron and folic acid in *Lactuca sativa* (Lettuce) plant, **Advances in Applied Science Research**, 6. 112-115.
- Jha, A.B., Gali, K.K., Zhang, H., Purves, R.W., Tar'an, B., Vandenberg, A., Warkentin, T.D., 2020. "Folate profile diversity and associated SNPs using genome wide association study in pea". **Euphytica**, 216, 1-16.
- Jiang, W.L., Gu, H.B., Zhang, Y.F., Xia, Q.Q., Qi, J., Chen, J.C., 2016. "Vitamin D Supplementation in the Treatment of Chronic Heart Failure: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials". **Clinical cardiology**, 39, 56-61.
- Kaçar, O., Çakmak, F., Çöplü, N., Azkan, N., (2004). Bursa Koşullarında Bazı Kuru Fasulye Çeşitlerinde (*Phaseolus vulgaris* L.) Bakteri Aşılama ve Değişik Azot Dozlarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 18 (1): 207-218.
- Kahraman, A., & Önder, M., 2013. Correlations between seed color and nutritional composition of dry bean. **Ratarstvo i povrtarstvo**, 50 (2): 8-13.
- Khanal, S., Xue, J., Khanal, R., Xie, W., Shi, J., Pauls, K. P., & Navabi, A., 2013. Quantitative trait loci analysis of folate content in dry beans, *Phaseolus vulgaris* L. International **Journal of Agronomy**.
- Khush, G.S., Lee, S., Cho, J.I. & Jeon, J.S., 2012. Biofortification of crops for reducing malnutrition. **Plant Biotechnology Reports**, 6 (3): 195-202.
- Kotue, T.C., Marlyne Josephine, M., Wirba, L.Y., Amalene, S.R.H., Nkenmeni, D.C., Fokou, E. & Fokam, D.P., 2018. Nutritional properties and nutrients chemical analysis of common beans seed. **MOJ Biology and Medicine**, 3 (3): 41-47.

- Köse, M.A., Ekbiç, E. & Arıcı, Y.K., 2019. Determination of protein, vitamins, amino acids and mineral element content of Yenice and Pınarlı bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences**, 1 (1): 6-11.
- Kwak, M., Gepts, P., 2009. Structure of Genetic Diversity in the Two Major Gene Pools of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, 118 (5): 979-992.
- LeBlanc, J.G., (2018). **Introductory chapter: B-group vitamins**. B Group Vitamins Current Uses and Perspectives, 3-5.
- Li, H., Liu, H., Han, Y., Wu, X., Teng, W., Liu, G. & Li, W., 2010. Identification of QTL underlying vitamin E contents in soybean seed among multiple environments. **Theoretical and applied genetics**, 120 (7): 1405-1413.
- Li, H., Wang, Y., Han, Y., Teng, W., Zhao, X., Li, Y. & Li, W., 2016. Mapping quantitative trait loci (QTL s) underlying seed vitamin E content in soybean with main, epistatic and QTL× environment effects. **Plant Breeding**, 135 (2): 208-214.
- Li, J., Liu, J., Wen, W., Zhang, P., Wan, Y., Xia, X., Zhang, Y., He, W., 2018. Genome-wide association mapping of vitamins B1 and B2 in common wheat, **The Crop Journal**, 6, 263–270.
- Lioi, L., Piergiovanni, A.R., 2013. **European Common Bean**. In: Singh M, Upadhyaya HD, Bisht S (Eds.), **Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement**, Elsevier, Oxford, p. 322. 11-40.
- Liu, H., Cao, G., Han, Y., Jiang, Z., Zhao, H., & Li, W., 2017. Identification of the QTL underlying the vitamin E content of soybean seeds. **Plant Breeding**, 136 (2): 147-154.
- Long, S.P., Marshall-Colon, A. & Zhu, X.G., 2015. Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis and yield potential. **Cell**, 161 (1): 56-66.
- López-Amorós, M.L., Hernández, T. & Estrella, I., 2006. Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. **Journal of Food Composition and Analysis**, 19 (4): 277-283.
- Lykstad, J., Sharma, S., 2019. “**Biochemistry, Water Soluble Vitamins**”. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
- Ma, Y., Coyne, C. J., Grusak, M. A., Mazourek, M., Cheng, P., Main, D., & McGee, R. J., 2017. Genome-wide SNP identification, linkage map construction and QTL mapping for seed mineral concentrations and contents in pea (*Pisum sativum* L.). **BMC plant biology**, 17 (1): 1-17.
- Madakbaş, S.Y. & Özçelik, H., 2006. Çarşamba Ovası'nda bodur taze fasulye populasyonlarından belirlenmiş olan hatlar arasındaki farklılıkların belirlenmesi. **Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 10 (3-4): 71-77.
- Manousaki, D., Mitchell, R., Dudding, T., Haworth, S., Harroud, A., Forgetta, V., Shah, R.L., Luan, J., Langenberg, C., Timpson, N.J., & Richards, J.B., 2020. Genome-wide association study for vitamin D levels reveals 69 independent loci. **The American Journal of Human Genetics**, 106 (3): 327-337.
- Martin, C.J., Torkamaneh, D., Arif, M. & Pauls, K.P., 2021. Genome-wide association study of seed folate content in common bean. **Frontiers in plant science**, 1829.
- Miklas, P.N., Kelly, J.D., Beebe, S.E., Blair, M.W., 2006. Common Bean Breeding for Resistance Against Biotic and Abiotic Stresses: From Classical to MAS Breeding. **Euphytica**, 147: 105-131
- Mungomery, V.E., Shorter, R. and Byth, D.E., 1974. Genotype × environment

- interactions and environmental adaptation. I. Pattern analysis-application to soya bean populations. **Australian Journal Agricultural Research**, 25: 59-72.
- Myhre, A.M., Carlsen, M.H., Böhn, S.K., Wold, H.L., Laake, P. Blomhoff, R., 2003. "Water-miscible, emulsified, and solid forms of retinol supplements are more toxic than oil-based preparations". **The American journal of clinical nutrition**, 78, 1152-1159.
- Nadeem, M.A., 2019. Türk fasulye genetik kaynaklarında bazı agronomik özellikler için genomik bölgelerin genom çapı ilişkili çalışmalar (GWAS) ile tanımlanması. **Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora tezi.
- Nadeem, M.A., Nawaz, M.A., Shahid, M.Q., Doğan, Y., Comertpay, G., Yıldız, M., Hatipoğlu, R., Ahmad, F., Alsaleh, A., Labhane, N., Özkan, H., 2018. "DNA molecular markers in plant breeding: current status and recent advancements in genomic selection and genome editing". **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, 32, 261-285.
- Orman, Ş., & Hüseyin, O.K., 2016. Kültür Bitkileri Yetiştiriciliğinde Biyofortifikasyon. **Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, 31 (3): 221-227.
- Oruch, R., Pryme, I.F., 2012. The biological significance of vitamin A in humans: A review of nutritional aspects and clinical considerations. **ScienceJet**, 1, 19.
- Özata, M., 2014. **Hayat kurtaran vitamin ve mineraller**. (3. Baskı). İstanbul: Hayy Kitapevi.
- Öztürk, I., Kara, M., Yildiz, C., Ercisli, S., 2009. "Physico-mechanical seed properties of the common Turkish bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars 'Hinis' and 'İspir'". **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, 37, 41-50.
- Pekşen, E., Gülümser, A., 2005. Relationships between seed yield and yield components and path analysis in some common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes. **The Journal of Agricultural Faculty of Ondokuz Mayıs University**, 20: 82-87.
- Petry, N., Boy, E., Wirth, J.P., & Hurrell, R.F., 2015. The potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) as a vehicle for iron biofortification. **Nutrients**, 7 (2): 1144-1173.
- Piergiovanni, A.R., Taranto, G. and Pignone, D., 2000. Diversity among common bean populations from Abruzzo region (Central Italy): a preliminary inquiry. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 47: 467-470.
- Porch, T.G., Beaver, J.S., Debouck, D.G., Jackson, S., Kelly, J.D., & Dempewolf, H., 2013. Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. **Agronomy**, 3 (2): 433-461.
- Rathore, A., Parsad, R., Gupta, V.K., 2004. "Computer aided construction and analysis of augmented designs". **Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics**, 57, 320-344.
- Rubio, G., Lynch, J.P., 2007. Compensation among root classes in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Soil**, v.290, p.307-321.
- Salles, C., Preedy, V.R., Watson, R.R., 2008. Tomato and Flavour. Tomatoes and Tomato Products: Nutritional, Medicinal and Therapeutic Properties, **CRC Press** 85.
- Santos, C. & Simon, P., 2002. QTL analyses reveal clustered loci for accumulation of major provitamin A carotenes and lycopene in carrot roots. **Molecular Genetics and Genomics**, 268 (1): 122-129.
- Sarioğlu, G., & Velioğlu, Y.S., 2018. Baklagillerin bileşimi. **Akademik Gıda**, 16 (4): 483-496.
- Shaik, P.S., Pachava, S., 2017. "The role of vitamins and trace elements on oral health: a

- systematic review”. **International Journal of Medical Reviews**, 4, 22-31.
- Singh, R., Govindan, V. and Andersson, M.S., 2017. “Zinc-biofortified wheat: harnessing genetic diversity for improved nutritional quality”, **Sci. Br. Biofortification** Ser. 1, 1–4. (No. 2187-2019-666).
- Sommer, A., 1995. “Vitamin A deficiency and its consequences: a field guide to detection and control”. **World Health Organization** 138:1835–9.
- Sönmez, F., Gülser, F., Karaca, S. and Gökkaya, T., 2018. Determination of some physical and chemical properties of research area soils of Bolu Abant İzzet Baysal University. **International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences**, 4 (1): 68-78.
- Sözen, Ö., Özçelik, H., Bozoğlu, H., 2012. Determination of Biodiversity of Collected Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Populations in Western Black Sea Region, Turkey. **Research Journal of Agricultural Sciences**, 5: 59-63
- Stevens, G.A., Bennett, J.E., Hennocq, Q., Lu, Y., De-Regil, L.M., Rogers, L., Danaei, G., Li, G., White, R.A., Flaxman, S.R. Oehrle, S.P., 2015. “Trends and mortality effects of vitamin A deficiency in children in 138 low-income and middle-income countries between 1991 and 2013: a pooled analysis of population-based surveys”. **The Lancet Global Health**, 3, e528-e536.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. & Befort, B.L., 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the national academy of sciences**, 108 (50): 20260-20264.
- TTSM, 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=85> Erişim tarihi:20.01.2020.
- Turner, S.D., 2014. qqman: an R package for visualizing GWAS results using QQ and manhattan plots. **Biorxiv**, 005165.
- TÜİK, 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. Erişim tarihi:20.01.2020.
- Villa, T.C.C., Maxted, N., Scholten, M. & Ford-Lloyd, B., 2005. Defining and identifying crop landraces. **Plant Genetic Resources**, 3 (3): 373-384.
- Welch, R.M. & Graham, R.D., 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. **Journal of experimental botany**, 55 (396): 353-364.
- West, J.K.P., Sommer, A., Palmer, A., Schultink, W. & Habicht, J.P., 2015. Commentary: Vitamin A policies need rethinking. **International journal of epidemiology**, 44 (1): 292-294.
- WHO, 2021a. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549936> Erişim tarihi:20.01.2020
- WHO, 2021b. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NUT-95.3> Erişim tarihi:20.01.2020
- Yeken, M.Z., Nadeem, M.A., Karaköy, T., Baloch, F.S. & Çiftçi, V., 2019. Determination of Turkish common bean germplasm for morpho-agronomic and mineral variations for breeding perspectives in Turkey. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi**, 22, 38-50.
- Zhang, H., Li, H., Wen, Z., Gu, H., Yuan, X., Chen, H., ... & Lu, W., 2015. Identification of QTL associated with vitamin E content in soybean seeds. **Acta Agronomica Sinica**, 41 (2): 187-196.