ANKARA ÜNİVERSİTESİ

BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
SONUÇ RAPORU

BROKOLİ, TURP VE LAHANA FİLİZLERİNDE KIRMIZI, MAVİ VE FAR-RED IŞIĞIN FİLİZ GELİŞİMİ VE BAZI SEKONDER METABOLİTLER İLE KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Proje Yürütücüsü

Prof. Dr. Köksal DEMİR

Araştırmacılar

Prof. Dr. Gölge SARIKAMIŞ

Araş. Gör. Gamze ÇAKIRER SEYREK

Proje Numarası

18B0447003

Başlama Tarihi: 22.02.2018

Bitiş Tarihi: 22.02.2020

Rapor Tarihi: 14.05.2020

Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Ankara - 2020

I. Projenin Türkçe ve İngilizce Adı ve Özetleri

Proje Başlığı: Brokoli, Turp ve Lahana Filizlerinde Kırmızı, Mavi ve Kırmızı Ötesi Işığın Filiz Gelişimi ve Bazı Sekonder Metabolitler ile Kalite Özelliklerine Etkisi

İngilizce Başlık: Effects Of Red, Blue And Far-Red Light On Growth, Some Of The Secondary Metabolites And Quality Parameters In Broccoli, Radish And Cabbage Sprouts

Özet: Işık, bitkisel üretimdeki en önemli parametrelerden birisidir ve bitki gelişimini önemli ölçüde etkilemektedir. Son birkaç yılda ışık alanında en çok üzerinde durulan konu LED aydınlatma sistemleridir. LED ışık kaynakları önemli derecede enerji tasarrufu sağlamaktadır. Farklı dalga boylarında ışık verebilen ledlerin üretilebilmesi ise çok önemli avantajlar sağlamaktadır. LED ışık kaynaklarının farklı dalga boyu karışımları bitkilerde önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar ise henüz yeni ve oldukça sınırlıdır. Özellikle değişik dalga boylarında ve kombinasyonlarında üretilen LED ışık kaynaklarının bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde etkileri olduğu anlaşılmaktadır. Bu etkiler bitkilerde bulunan çeşitli fitokimyasallar üzerinde de değişimler oluşturabilmektedir. Bu fitokimyasallar içerisinde glukozinolatlar da yer almaktadır. Özellikle *Brassicaceae* familyası türlerinde bulunan glukozinolatlar önemli biyolojik aktivitelere sahip bileşiklere dönüşmektedir. Araştırmalar, bazı glukozinolat formlarının antikanserojenik aktivite gösterdiğini bildirmektedir. Bitkilerde bulunan glukozinolat miktarları bitki gelişiminin farklı dönemlerinde değişiklik göstermektedir. Bu grup sebzelerin filizlerinde ise glukozinolat içeriğinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Özellikle alifatik gruba dahil glukozinolatların yüksek olması biyoyararlılık yönünden tercih edilmektedir. Yapılan bu çalışmada *Brasicaceae* familyasına ait brokoli, lahana ve turp filizlerinin üretimi sırasında kırmızı, mavi, kırmızı ötesi ve karışım Led ışık kaynakları kullanılmıştır. Böylece farklı LED ışık uygulamalarının filizlerin glukozinolat içeriği, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik, pH, yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri incelenmiştir.

İngilizce Özet: Light is one of the most important parameters in plant production and affects plant growth significantly. In the last few years, the most emphasized issue in the field of light is the effects of LED lighting and light recipes on plant growth. In addition to providing energy savings, LED light sources can be produced in various wavelengths and provide an advantage for researchers. The combinations of LED light sources at different rates result different and significant reactions in plants. Studies in this area are limited. Especially LED light sources produced in different wavelengths and combinations have effects on plant growth and development as well as effects on various phytochemicals in plants. Glucosinolates are also included in these phytochemicals. Glucosinolates,

especially found in the Brassicaceae family, turn into compounds with significant biological activities. Nowadays, glucosinolates in the *Brassicaceae* family have an important place due to their anticarcinogenic effects. The amount of glucosinolate in plants varies at different periods of plant development, and it is stated that the glucosinolate content is higher in the sprouts of this group of vegetables. Especially high glucosinolates in the aliphatic group are preferred for bioavailability. In this study, the effects of combinations of red, blue and far-red LED light in broccoli, cabbage and radish sprouts of Brasicaceae family in terms of glucosinolate, water soluble dry matter, titratable acidity, pH, fresh and dry weight were investigated.

II. Amaç ve Kapsam

Bitkisel üretimde en önemli parametrelerden bir tanesi ışıktır. Işık ve ışık kaynağı bitki gelişimini, verim ve kalitesini, besin içeriğini önemli düzeyde etkilemektedir. Bitkisel üretimde ışık konusunda son yıllarda öne çıkan bir yöntem LED aydınlatmadır. LED ışıklar, üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltmakta, güvenli bir aydınlatma sağlamaktadır. Ayrıca ürün verimini arttırmakta ve kalite ve besin içeriğine etkilerde bulunmaktadır (Çakırer vd. 2017a, Özkök vd. 2016). LED aydınlatmalar ile bu avantajlarına ek olarak bitkilerin büyüme evrelerine göre de farklı ışık reçeteleri uygulanabilmektedir (Çakırer vd. 2017b) Son yıllarda yoğun olarak sürdürülen araştırmalar LED ışık kaynaklarının kullanımının bitki gelişimi, besin içeriği ve çeşitli fitokimyasallar üzerine etkisi üzerinde durmaktadır (Lee vd. 2015, Çakırer vd. 2017a, Özkök vd. 2016, Deng vd. 2017).

Sebzeler, içerdikleri vitaminler, mineraller ve çeşitli fitokimyasallar sayesinde insan beslenmesinde önemli kaynaklardan birisidir. Sebzelerin tüketimi ile kardiovasküler ve kanser gibi hastalıkların etkilerinin azalması arasındaki ilişki uzun süredir bilinmektedir (Szajdek ve Borowska 2008, Björkman vd. 2011). Ancak son yıllarda görülen hastalıkların yanı sıra özellikle kanser ve kalp damar hastalıklarında görülen artışlar ile beslenmenin önemi daha da fazla artmıştır (Onsekizoğlu ve Acar 2003).

Brassicaceae familyasında bulunan sebzelerin, son yıllarda yapılan çalışmalarla insan sağlığı açısından çok önemli değerlere sahip olduğu anlaşılmıştır. Sahip olduğu özelliklerle bu familyaya ait sebzelerin tüketimi önem taşımaktadır. Bu familyaya ait türler özellikle antikanserojenik etki bakımından önemli bir grubu oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarla bu familyadaki sebzelerin tüketiminin bazı kanser (böbrek, prostat, kolon, idrar kesesi, akciğer ve rektum kanseri) türlerinin riskini azalttığı saptanmıştır (Bonnesen vd. 2001, Conaway vd. 2002, Sturm and Wagner, 2017). Özellikle Brassicaceae familyasındaki sebzelerde bulunan glukozinolatlar ve bunların parçalanma ürünleri olan izotiyosiyanatlar insan sağlığı açısından önem taşımaktadır (Sarıkamış 2009).

Glukozinolatlar tümüyle ekonomik açıdan önemli olan Brassica sebzeleri için karakteristik bileşiklerdir. Ayrıca Brassica türleri insan beslenmesinde önemli bir role sahip olan fenolik bileşikler yönüyle de çok zengindir (Vale vd. 2015). Bazı çalışmalarda da Brassica filizlerinin glukozinolat ve fenollerin yanı sıra vitamin C ve vitamin A bakımından da iyi bir kaynak olduğu belirtilmektedir (Nicola vd. 2013).

Brassica filizleri sağlık yönünden faydalı glukozinolatların alımını arttırmak için hızlı ve kolay bir yol olarak taze gıdalar içerisinde giderek önem kazanmıştır. Brassica filizleri düşük yağ içeriği ve sağlığı teşvik edici fitokimyasallar bakımından da zengin olması nedeniyle, son yıllarda popüler olan sağlıklı bir gıda olarak görülmektedir (Hagen vd. 2009). Bu filizler yüksek besin değerine sahip olup üretimi ve tüketimi büyük önem kazanmıştır (Bones ve Rossiter 2006). Lahana grubu sebzelerin filizlerinin ve genç fidelerinin özellikle yararlı alifatik glukozinolat içeriğinin olgun taç kısımlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Sarıkamış vd. 2015, Sarıkamış 2017). Bu yönüyle sebze filizlerine oluşan tüketici ilgisi, beraberinde taze ve güvenilir sebzelere olan talebin artmasını da sağlamıştır (Vale 2014).

Bitkilerde sentezlenen glukozinolat miktarı çeşitli çevresel ve abiyotik faktörlerden etkilenmektedir (Podsedek 2007, Yan ve Chen 2007, Nascimento vd. 2013). Yapılan araştırmalarda kırmızı ve mavi ışığın fotosentetik karbon asimilasyonunda temel enerji kaynağı olarak rol oynadığına dikkat çekilmiştir (Lin vd. 2013). Ancak kırmızı, mavi ve kombinasyonlarının diğer bir söyleyişle farklı ışık reçetelerinin glukozinolatlar ve diğer bazı kimyasal bileşikler üzerindeki etkileri hakkındaki çalışmalar güncel ancak halen çok sınırlı düzeyde bulunmaktadır.

Yapılan bu çalışmayla, sağlık yararı bakımından öne çıkan lahana grubu sebzelerden brokoli, lahana ve turp filizlerinin yetiştiriciliğinde LED kaynaklı farklı ışık reçetelerinin filiz gelişimi glukozinolat içeriği ve bazı kalite parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

III. Materyal ve Yöntem

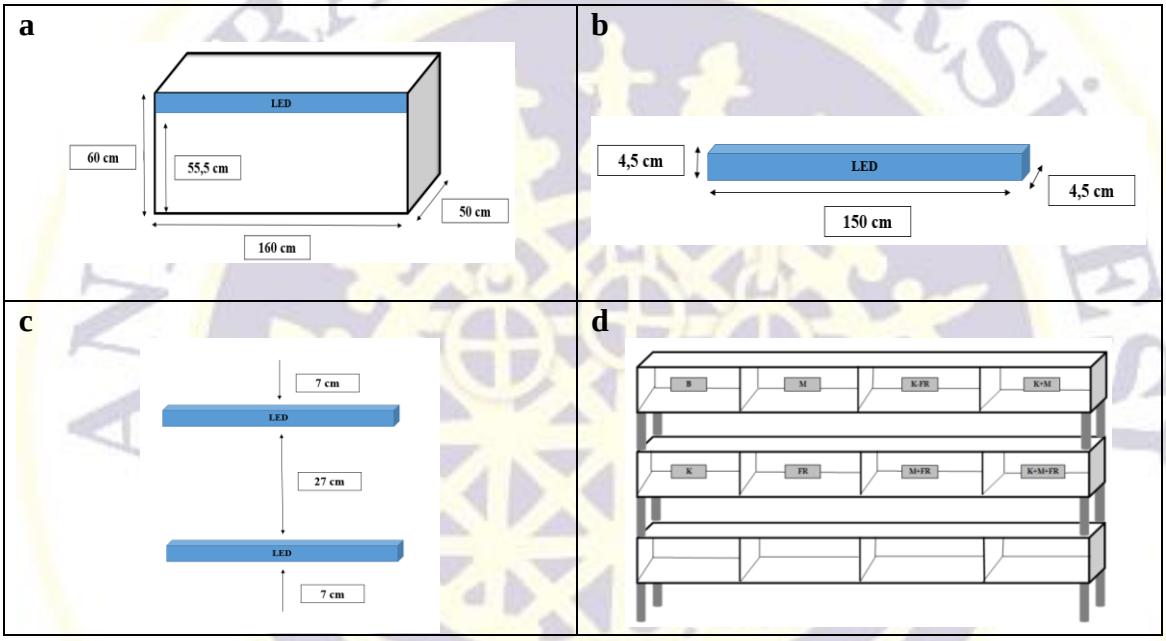
Bitkisel Materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* cv. Turaç 77), turp (Raphanus sativus L. cv. Ateş) ve baş lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. Yalova 1) bitki türlerine ait tohumlar kullanılmıştır. Filiz üretiminde kullanılacağı için brokoli ve lahana tohumları organik, turp tohumları ise ilaçsız tohum olarak temin edilmiştir.

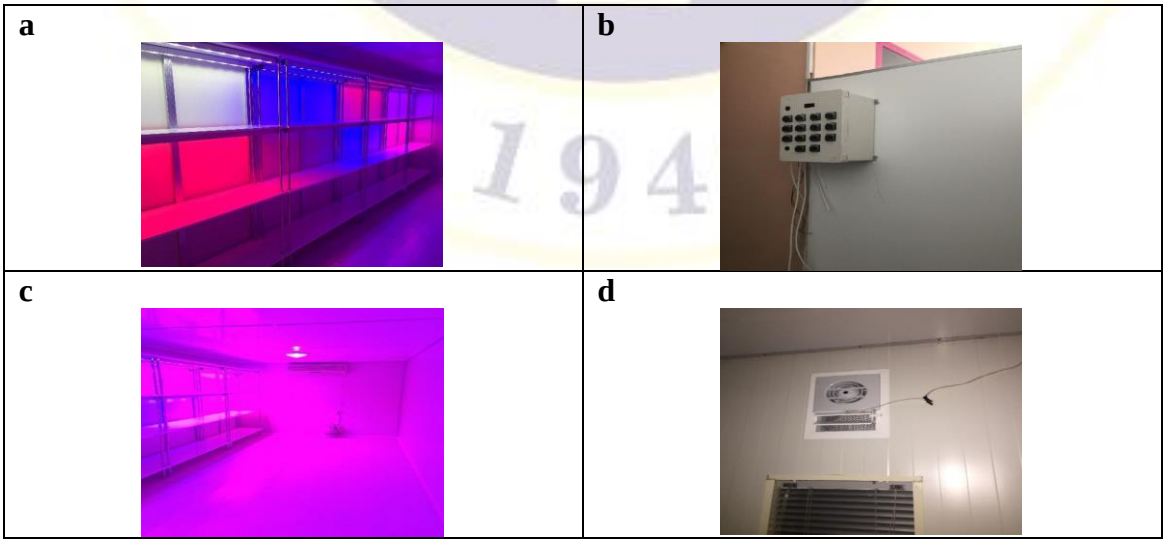
Bitki Büyütme Kabini

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde brokoli, turp ve lahana filizleri üretimi

amacıyla 3x7 m ölçülerinde, ısı yalıtımı bulunan bitki büyütme konteyneri oluşturulmuştur. Kabin içerisine raflar yerleştirilmiş ve farklı ışık reçetelerini içeren, farklı dalga boylarında ve spektrumda üretilen özel bitki büyütme LED lambalar bu raflara monte edilmiştir. Her bir bölmeye 2 adet LED modül yerleştirilmiştir. Konteyner içerisinde sıcaklığı kontrol etmek amacıyla klima, nem için ise bir sensöre bağlı termostatlı nemlendirme cihazı montajı yapılmıştır. Ayrıca konteyner içerisindeki sıcaklık ve nem dengesini sağlayabilmek için minifan yerleştirilmiştir. LED lambalar, klima ve nemlendirme cihazının; konteyner dışına monte edilen kontrol ünitesine bağlantıları yapılmış ve bu kontrol ünitesiyle kontrolü sağlanmıştır. Denemeler süresince sıcaklık ve nem değerlerini kaydetmek için konteyner içerisine datalogger yerleştirilmiş, dijital termometre ile de sıcaklık ve nem değerleri de karşılaştırmalı gözlenmiştir.



Şekil 1. **a)**LED lambaların yerleştirildiği bölmelerin ebatları, **b)**LED lambaların ölçüleri, **c)**LED lambaların bölme içerisindeki konumu, **d)**Raflarda LED lambaların yerleşim düzeni



Şekil 2. **a)**Rafların konteyner içerisinde montajı, **b)**Kontrol ünitesi, **c)**Klima ve nemlendirme cihazı, **d)**Minifan

LED modüllerin PPFD değerleri LICOR 250A-Quantum sensör (400-700 nm) kullanılarak belirlenmiştir. Ancak kırmızı ötesi ışığın spektrum aralığı 700 nm üzerinde olduğu için bu ışık uygulamalarının PPFD değerlerini belirlemek amacıyla Bahar Aydınlatmadan yardım alınmış ve ASENSETEK Spektrometre ile de ölçümler yapılmıştır. Ölçülen değerler PPFD (µmol m^{-2} s^{-1}) cinsinden kaydedilmiştir. Yapılan ölçümler ile denemede kullanılan her bir çimlendirme tepsisinde toplam PPFD=200±10 µmol m^{-2} s^{-1} olacak şekilde tepsilerin ve rafların optimizasyonu yapılmıştır. Bu amaçla her bir tepsiden üçer adet okuma alınmış ve okuma ortalamalarına göre PPFD değerleri belirlenmiştir. Ayrıca spektrum ölçümlerine göre raflar arasında ki ışık kaçakları da alüminyum perde örtüleri ile tamamen kapatılmıştır. Deneme süresince kontrol ünitesindeki zamanlayıcı ile ışık uygulaması, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık olacak şekilde ayarlanmıştır. Montajı yapılan LED lambaların ışık içerikleri;

1. Kontrol amaçlı (%100 Beyaz LED) (B)
2. %100 kırmızı LED (656 nm) (K)
3. %100 mavi LED (450 nm) (M)
4. %100 kırmızı ötesi LED (736 nm) (FR)
5. %50 kırmızı + %50 mavi LED (K+M)
6. %50 kırmızı+ %50 kırmızı ötesi LED (K+FR)
7. %50 mavi + %50 kırmızı ötesi LED (M+FR)

*8. Kırmızı + mavi + kırmızı ötesi LED (K+M+FR) (Projeye ek olarak araştırmayı zenginleştirmek amacıyla ışıkların hepsinin yer aldığı lamba modülünde de filizler yetiştirilmiş ve etkileri araştırılmıştır.)

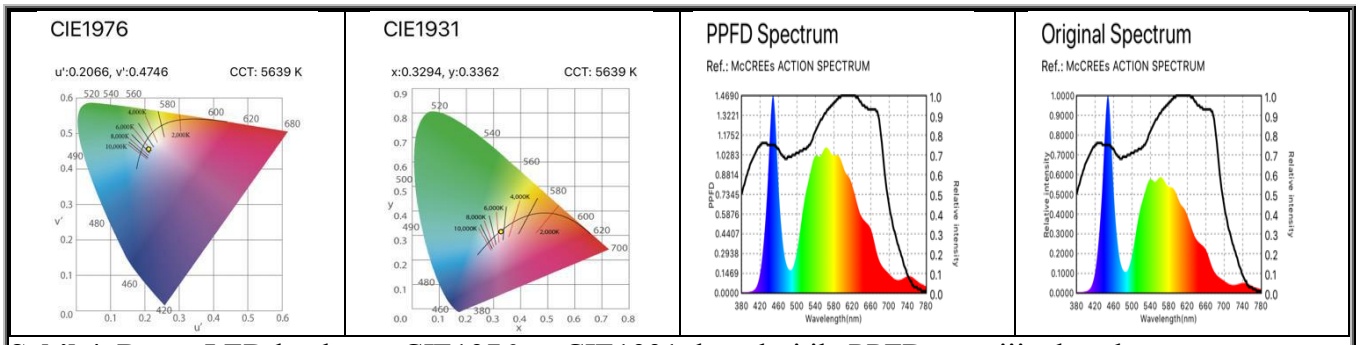
* Proje başvurusunda belirtilen far-red uygulaması, kırmızı ötesi olarak Türkçeleştirilmiştir.

a

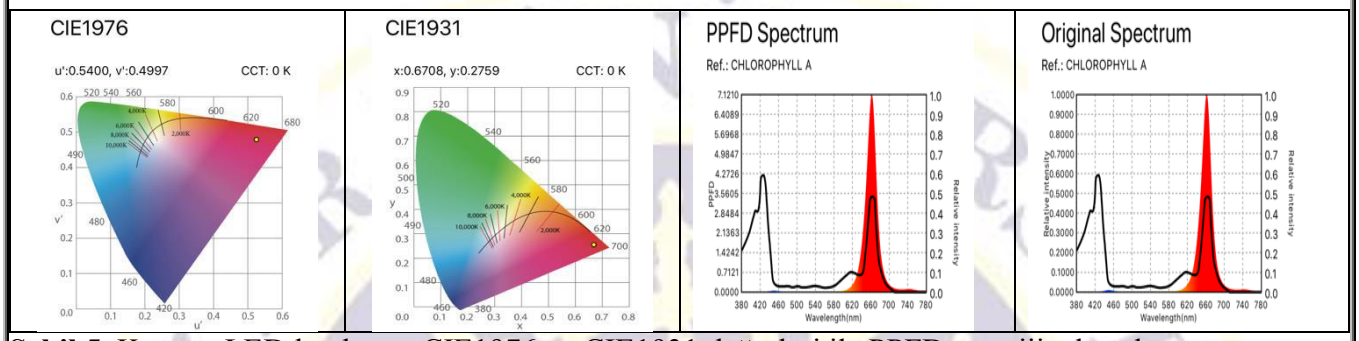
b

c

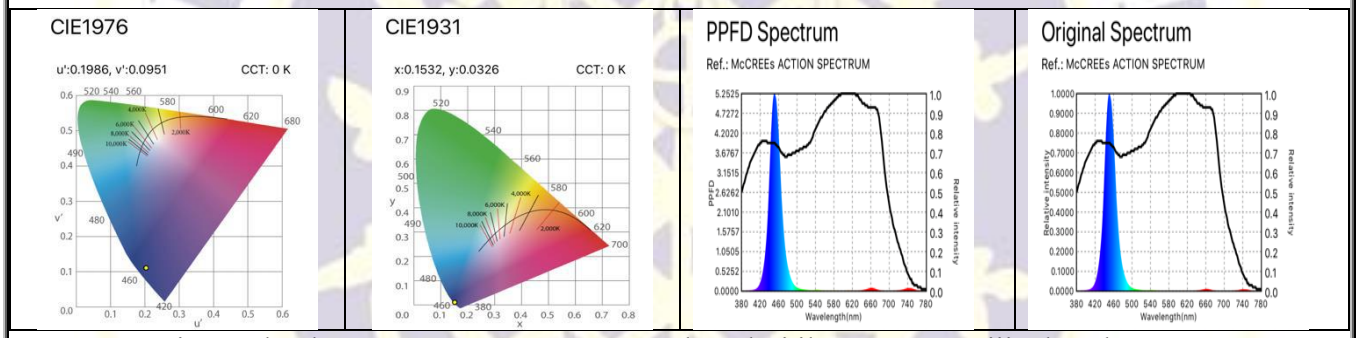
Şekil 3. a) Quantum sensör, **b)**ASENSETEK Spektrometre, **c)**LICOR 250A



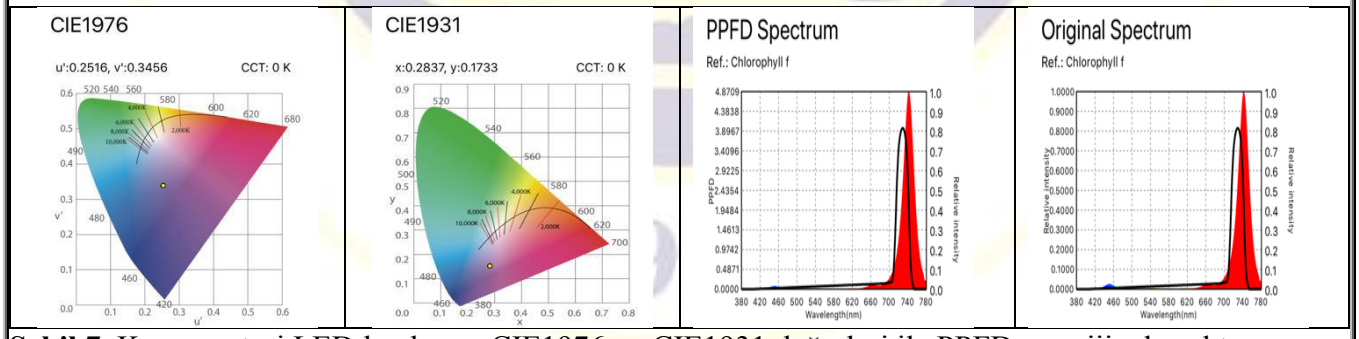
Şekil 4. Beyaz LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu



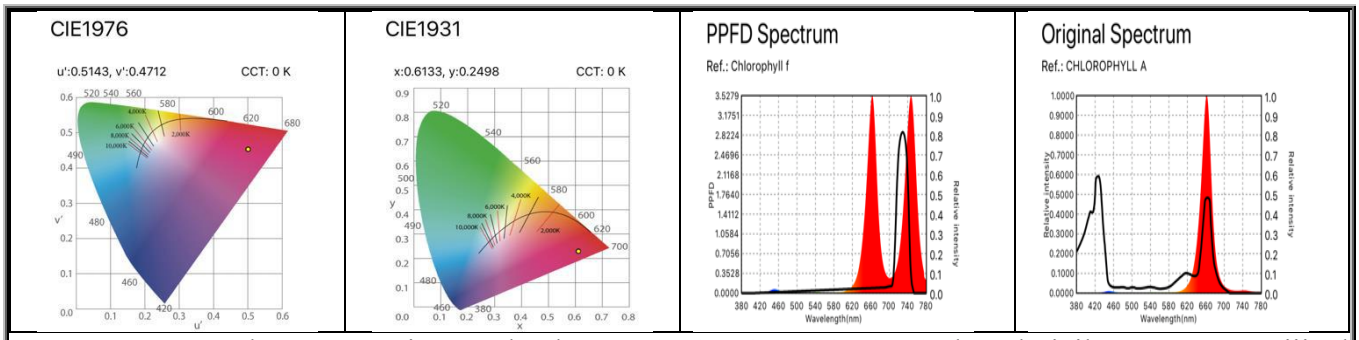
Şekil 5. Kırmızı LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu



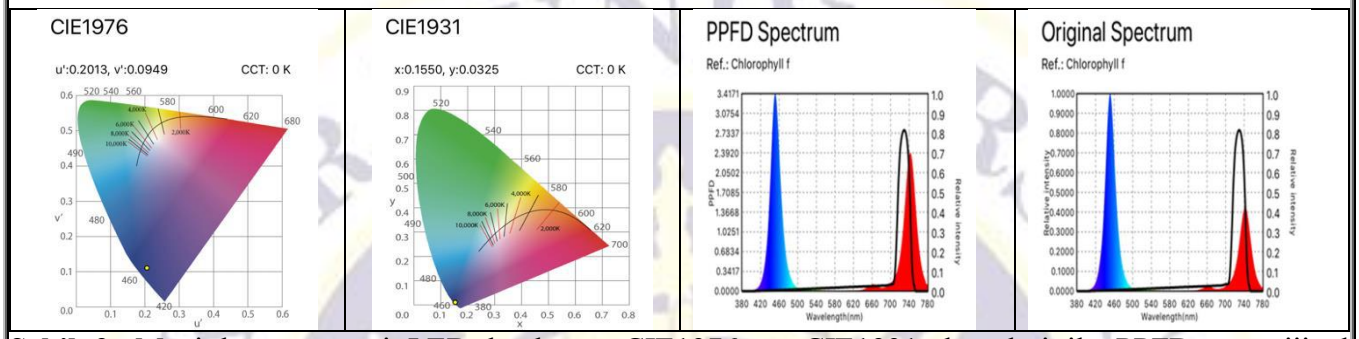
Şekil 6. Mavi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu



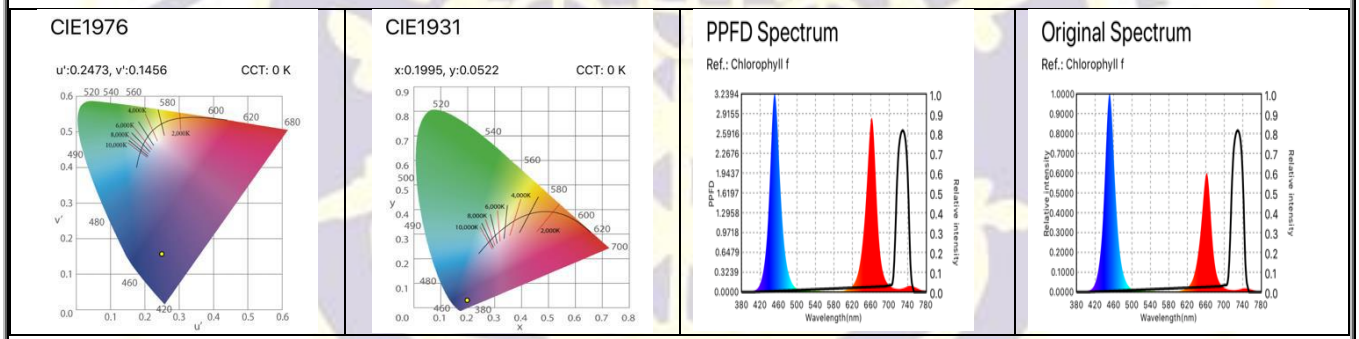
Şekil 7. Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu



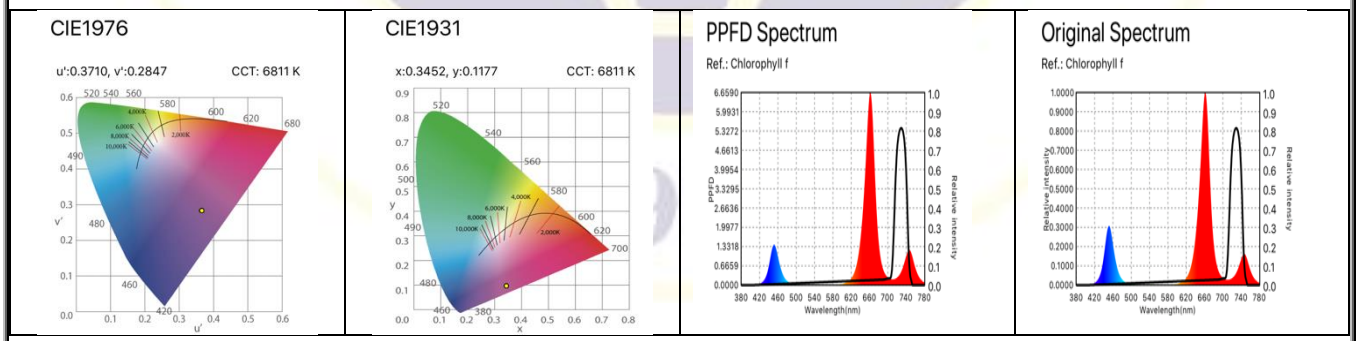
Şekil 8. Kırmızı+kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu



Şekil 9. Mavi+kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu



Şekil 10. Kırmızı+Mavi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

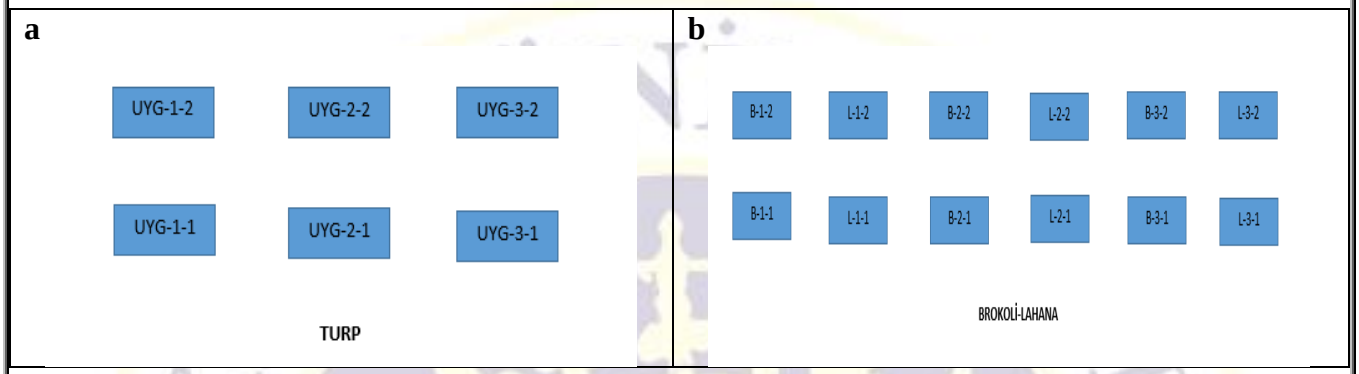


Şekil 11. Kırmızı+Mavi+Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

Filiz Üretimi

Tohum ekimi için 19 x 26 x 6 cm ölçülere sahip plastik çimlendirme tepsileri kullanılmıştır. Tepsiler ağırlık oranına göre torf (her bir tepsiye 115 g) ile doldurulmuştur (*Projede su kültürü yöntemi yazılmasına rağmen, bu yöntemde yaşanan çimlenme probleminden dolayı yöntemde değişiklik

yapılarak katı ortam kültürü tercih edilmiştir). Her bir tekerrür için analizlerde kullanılmak üzere iki adet tepsiye ekim yapılmıştır. Çimlenme aşamasına kadar tepsiler karanlıkta tutulmuş, çimlenme başlangıcıyla farklı ışık uygulaması aşamasına geçilmiş ve hasat zamanına kadar ışık uygulaması devam etmiştir. Rafların boyutundan dolayı 3 türe ait tepsilerin tamamı sığmadığı için ilk olarak turp denemesi, daha sonra brokoli ve lahana denemesi kurulmuştur. Her iki deneme boyunca sıcaklık ve nem değerleri sabit tutulmuştur (20 °C sıcaklık, %70 nem).

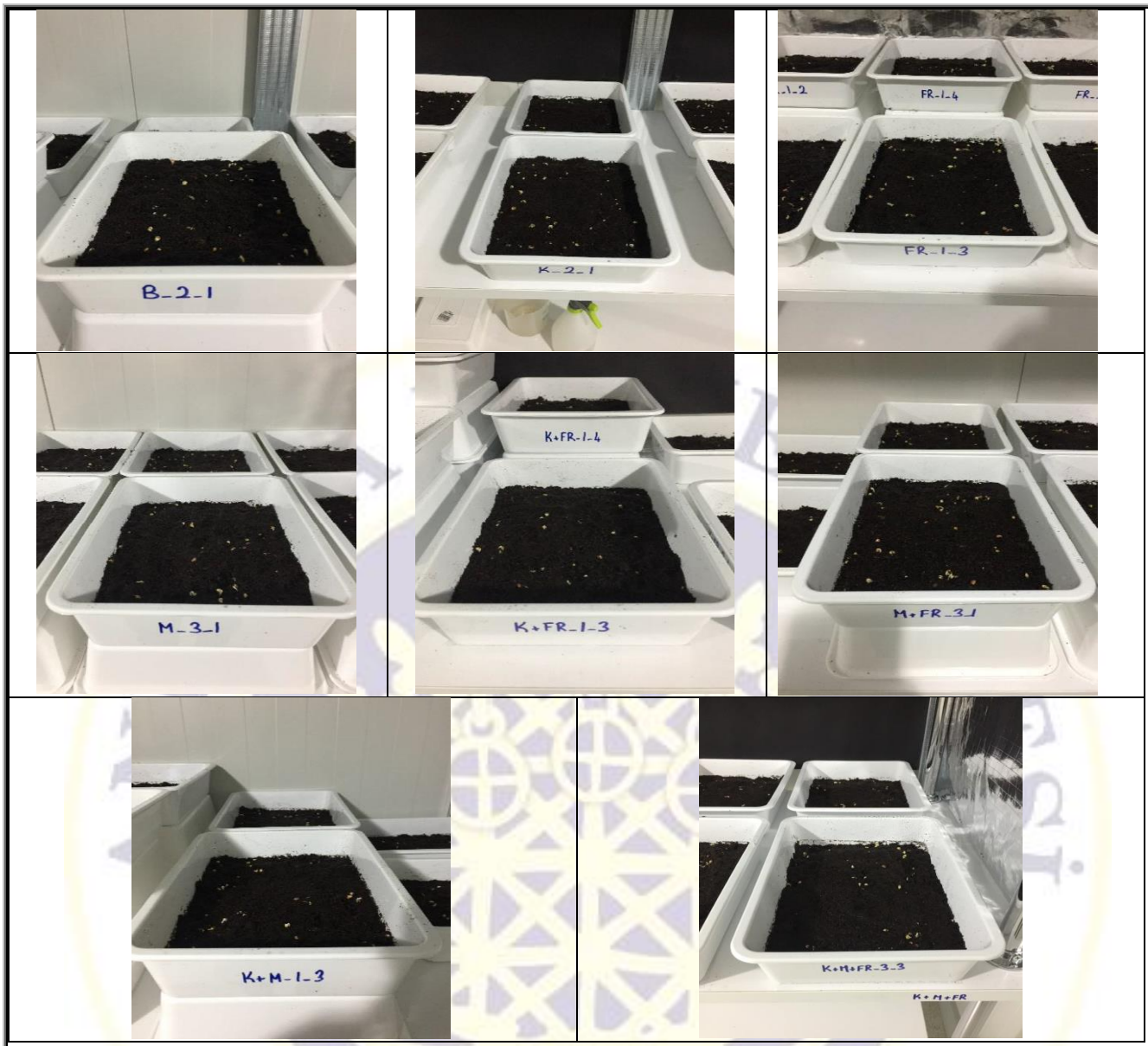


Şekil 12. a) Turp denemesinde her bir tekerrüre ait tepsinin rafta yerleşim planı, **b)** Brokoli ve lahana denemesinde her bir tekerrüre ait tepsinin rafta yerleşim planı

Turp Filiz Üretimi

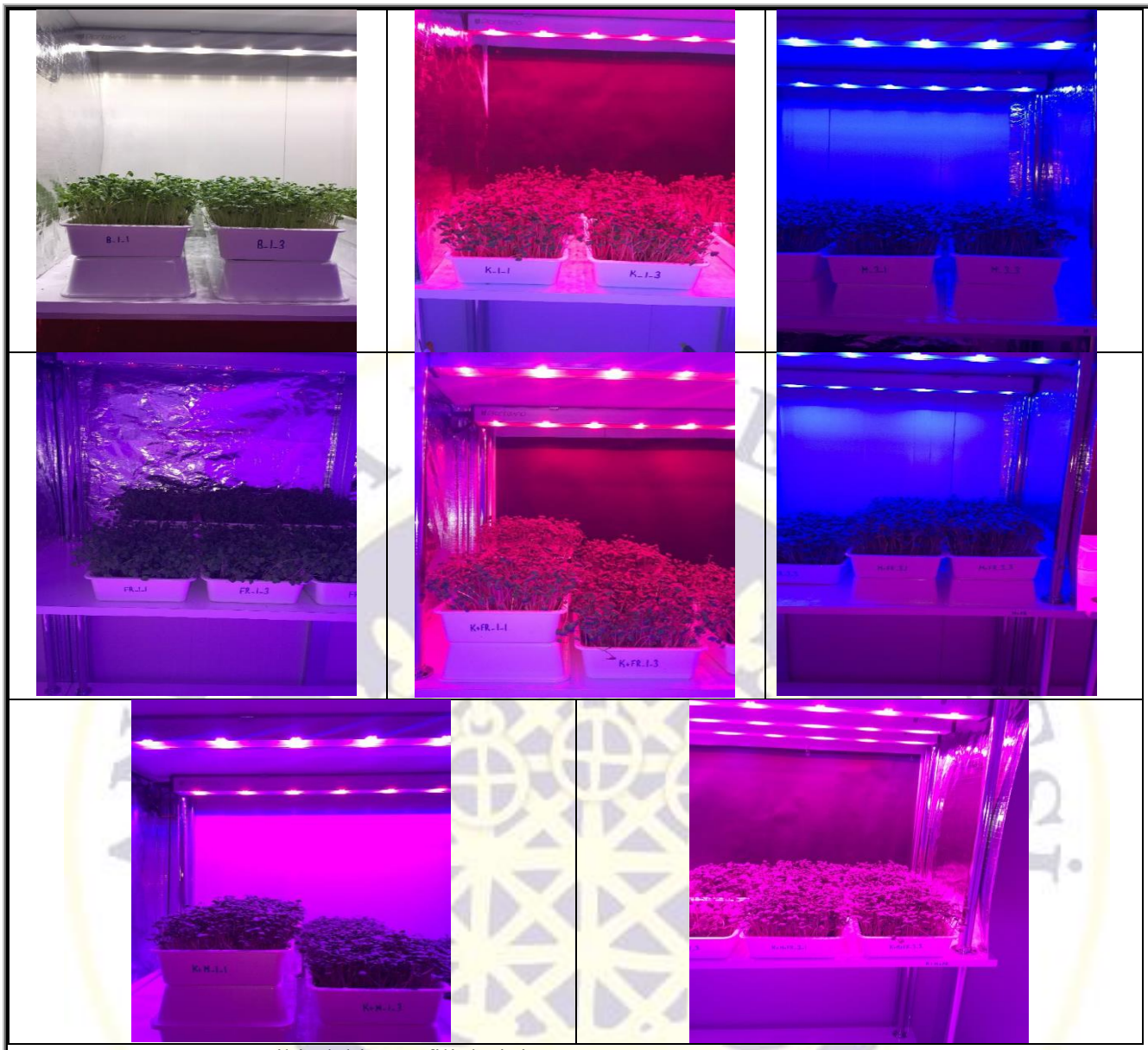
Turp tohumları 26.10.2018 tarihinde ekilmiştir. Her bir tepside 7 gr turp tohumu kullanılmıştır ve sulamada 300 ml su verilmiştir. Hasada kadar ortamların nem durumuna göre her bir tepsiye eşit miktarda olacak şekilde sulamaya devam edilmiştir. (*Analiz için gerekli filiz miktarını tespit etmek amacıyla turp denemesinde her bir tekerrürde dört adet tepsiye ekim yapılmıştır. İki adet tepsiden analiz için yeterli filiz elde edilince, brokoli ve lahana denemesi için her bir tekerrürdeki tepsi sayısı ikiye düşürülmüştür). 28.10.2018 tarihinde tepsilerde ilk çıkışlar görülmeye başlanmıştır.

Şekil 13. Turp tohumlarının tartımı ve ekimi



Şekil 14. Turp filizlerinin 28.10.2018 tarihindeki görünümü

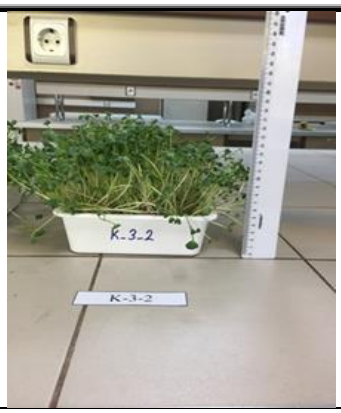
30.10.2018 tarihinde filizlerin gelişimi hızlandığı için LED aydınlatma uygulamasına geçilmiştir. Işık uygulaması bu tarihten itibaren hasada kadar 16 saat aydınlık/8 saat karanlık olacak şekilde uygulanmıştır.



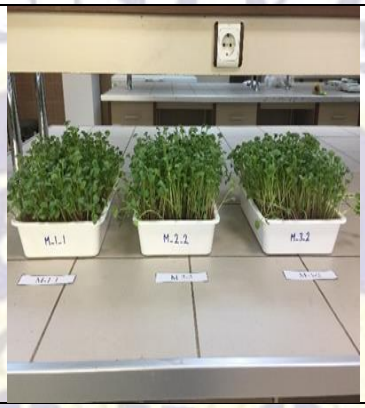
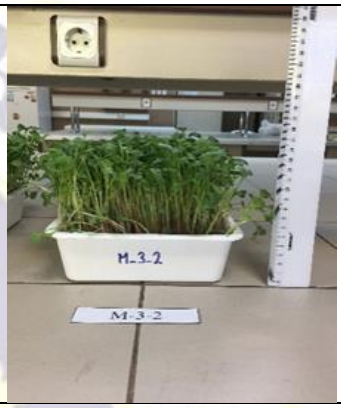
Şekil 15. 02.11.2018 tarihindeki turp filizlerinin görünümü

Turp filizlerinin hasadı 05.11.2018 tarihinde yapılmıştır. Hasatla birlikte ışık uygulamasına da son verilmiştir.

Şekil 16. Beyaz LED ışık altında yetiştirilen turp filizleri



Şekil 17. Kırmızı LED ışık altında yetiştirilen turp filizleri

Şekil 18. Mavi LED ışık altında yetiştirilen turp filizleri

Şekil 19. Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen turp filizleri

Şekil 20. Kırmızı+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen turp filizleri

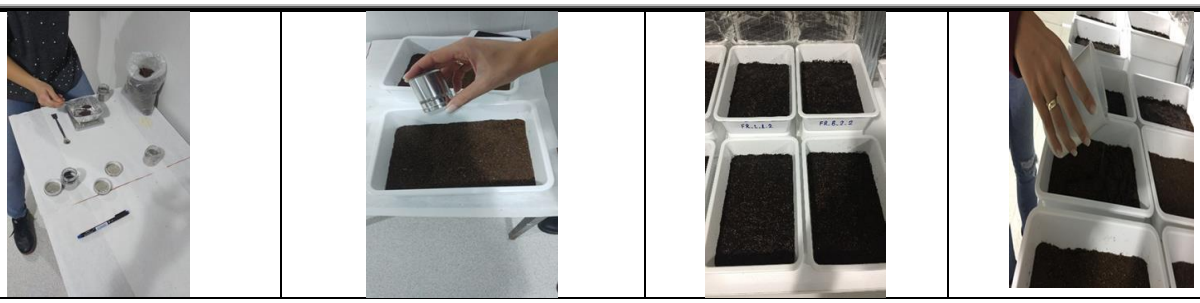
Şekil 21. Mavi+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen turp filizleri

Şekil 22. Kırmızı+Mavi LED ışık altında yetiştirilen turp filizleri

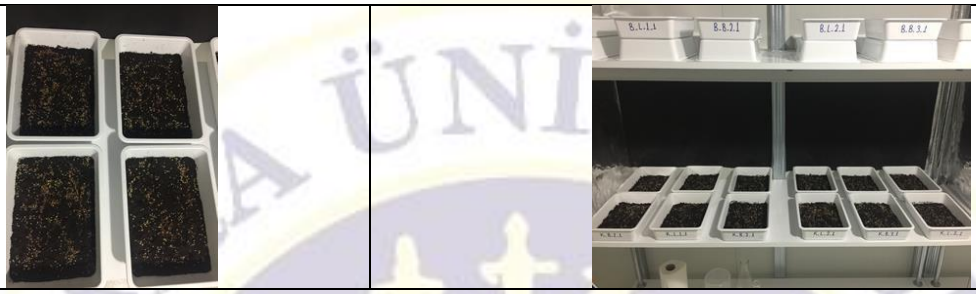
Şekil 23. Kırmızı+Mavi+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen turp filizleri

Brokoli ve Lahana Filiz Üretimi

Brokoli ve lahana tohumları 28.11.2018 tarihinde ekilmiştir. Her bir tepsi için 4 gr brokoli ve lahana tohumu kullanılmış ve sulamada 300 ml su verilmiştir. Hasada kadar ortamların nem durumuna göre her bir tepsiye eşit miktarda olacak şekilde sulamaya devam edilmiştir. Tohumlar çimlenene kadar karanlık ortamda tutulmuştur. Her uygulamanın her bir tekerrüründe her analiz için iki adet tepsiye ekim yapılmıştır. 30.11.2018 tarihinde ilk çimlenmeler görülmüştür.

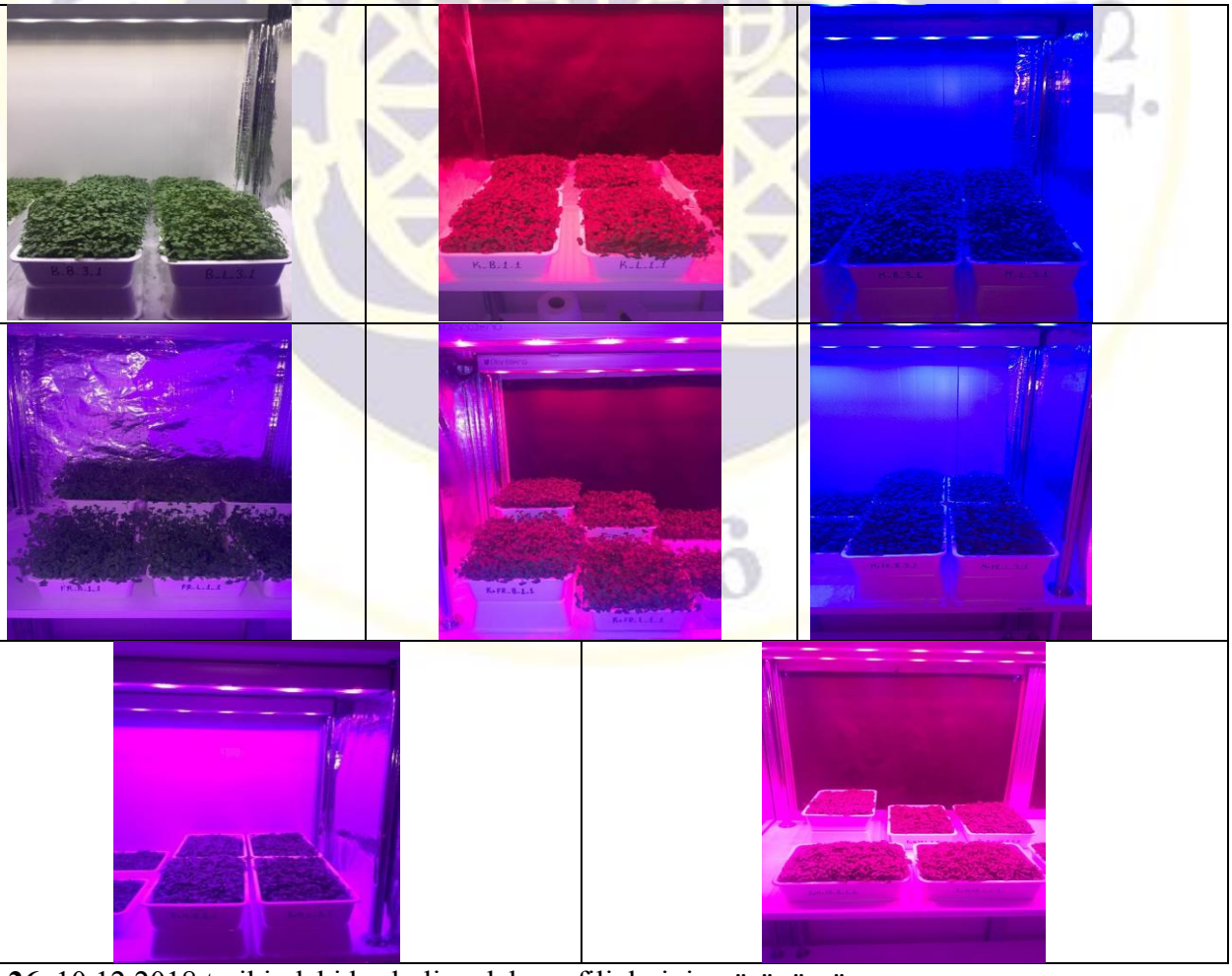


Şekil 24. Brokoli ve lahana tohumlarının ekimi



Şekil 25. Brokoli ve lahana filizlerinin 30.11.2018 tarihindeki görünümü

02.12.2018 tarihinde filizlerin gelişimi hızlandığı için LED aydınlatma uygulamasına geçilmiştir. Işık uygulaması bu tarihten itibaren hasada kadar 16 saat aydınlık/8 saat karanlık olacak şekilde uygulanmıştır.

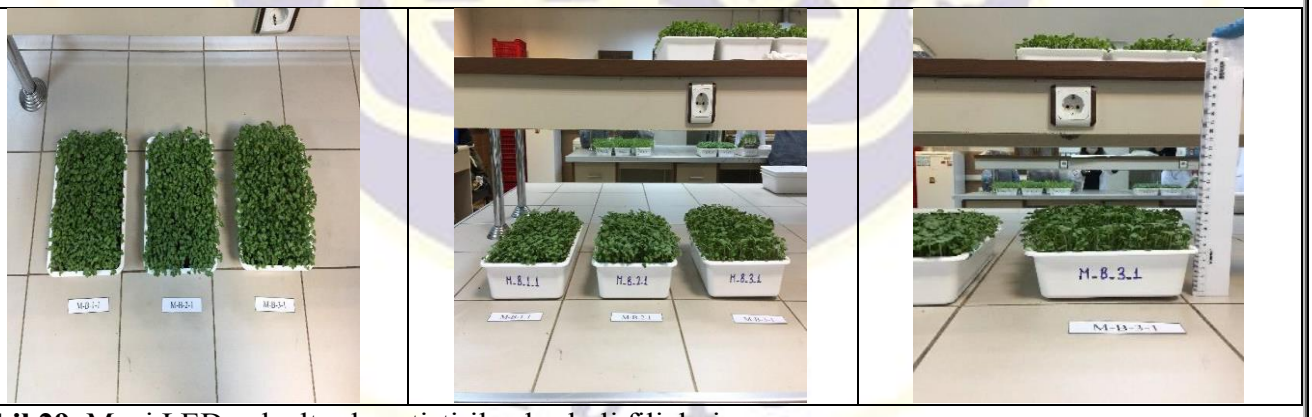


Şekil 26. 10.12.2018 tarihindeki brokoli ve lahana filizlerinin görünümü

Brokoli ve lahana filizlerinin hasadı 11.12.2018 tarihinde yapılmıştır. Hasatla birlikte ışık uygulamasına da son verilmiştir.

Şekil 27. Beyaz LED ışık altında yetiştirilen brokoli filizleri

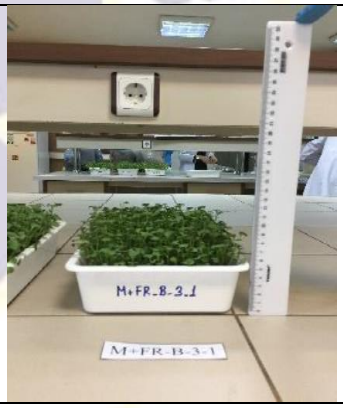
Şekil 28. Kırmızı LED ışık altında yetiştirilen brokoli filizleri



Şekil 29. Mavi LED ışık altında yetiştirilen brokoli filizleri

Şekil 30. Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen brokoli filizleri

Şekil 31. Kırmızı+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen brokoli filizleri



Şekil 32. Mavi+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen brokoli filizleri

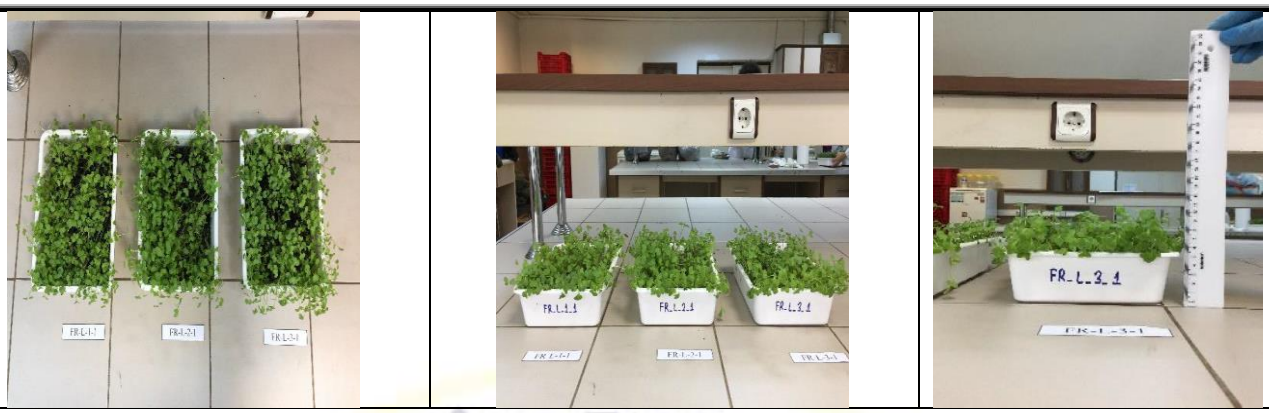
Şekil 33. Kırmızı+Mavi LED ışık altında yetiştirilen brokoli filizleri

Şekil 34. Kırmızı+Mavi+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen brokoli filizleri

Şekil 35. Beyaz LED ışık altında yetiştirilen lahana filizleri

Şekil 36. Kırmızı LED ışık altında yetiştirilen lahana filizleri

Şekil 37. Mavi LED ışık altında yetiştirilen lahana filizleri



Şekil 38. Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen lahana filizleri

Şekil 39. Kırmızı+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen lahana filizleri

Şekil 40. Mavi+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen lahana filizleri

Şekil 41. Kırmızı+Mavi LED ışık altında yetiştirilen lahana filizleri

Şekil 42. Kırmızı+Mavi+Kırmızı ötesi LED ışık altında yetiştirilen lahana filizleri

Deneme Deseni

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her bir tekerrürde brokoli, lahana ve turp bitki türlerinin her birine ait çimlendirme tepsileri kullanılmıştır. Çalışmada veriler, varyans analizi yöntemi ile Minitab Paket Programı (MINITAB Inc.) ile kontrol edilmiştir. Ortaya çıkacak önemli farklılıklar ise Duncan testi ile belirlenmiştir.

IV. Analiz ve Bulgular

Analizler

Yaş ve Kuru Ağırlık (g)

Brokoli, lahana ve turp filizleri hasat edildikten sonra hassas terazide tartılarak gram cinsinden yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş ağırlığı belirlenen örnekler önceden hazırlanan parşömen kağıdı içerisine konularak ağızları sıkıca kapatılmış ve -80 °C'ye yerleştirilmiştir. Liyofilizasyon işleminden sonra ise örneklerin kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

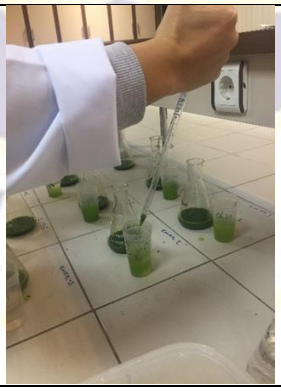
Şekil 43. Filizlerin yaş ağırlıklarının belirlenmesi ve -80 °C'ye yerleştirilmesi

Şekil 44. Liyofilizasyon işlemi

Titre Edilebilir Asitlik (TA) (%sitrik asit)

Taze olarak hasat edilen ve laboratuvara alınan filiz örnekleri bir parçalayıcıda suyu çıkarıldıktan sonra analiz edilmiştir. TA seyreltilen sebze sularının 0.1 N NaOH ile pH=8.1'e değin otomatik titratörde (Mettler Toledo DL 50 Graphix) titrasyonu ile belirlenmiştir (Cemeroğlu 2013). Titrasyon asitliği %sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır.

Şekil 45. Titre edilebilir asitlik, suda çözünebilir kuru madde ve pH analizi için filizlerinin hasadı, öğütücüden geçirilerek sıkılması



Şekil 46. Filizlerde titrasyon asitliği analizi

Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) (%)

Filiz örneklerinin suyu çıkarıldıktan sonra Leica dijital refraktometrenin prizması üzerine 1-2 damla gelecek şekilde damlatılmış ve suda çözünebilir kuru madde % olarak belirlenmiştir (Cemeroğlu 2013).

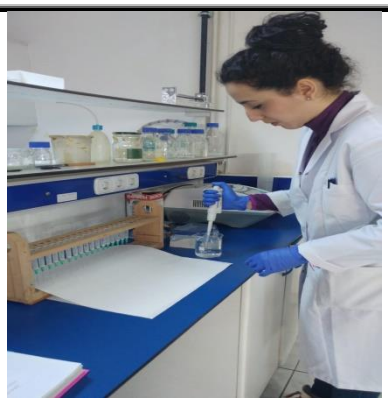
pH

Taze filiz örneklerinin öz suyunda Mettler toledo pH metre yardımı ile ölçüm yapılmıştır (Cemeroğlu 2013).

Şekil 47. Filizlerde suda çözünebilir kuru madde ve pH analizi

Glukozinolat

Hasat edilen filizler liyofilizerde (-84 °C, 0.02 mbar) bir hafta süreyle kurutulmuşlardır. Kurutulmuş örnekler öğütülerek glukozinolat ekstraksiyonu için hazır hale getirilmiştir. Glukozinolat ekstraksiyonu Sarıkamış vd. (2006) tarafından bildirildiği şekilde yapılmıştır. Buna göre kurutulup, öğütülmüş örneklerden 0.3-0.4 g tartılmış ve tüplere konulmuştur. Tartılan örneklere 10 ml %70 (v/w) methanol eklenmiş, ardından 50 µl glucotrapeolin içsel standart olarak ilave edilmiştir. Örnekler homojenize edildikten sonra sıcak su banyosunda inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi tamamlanan örnekler santrifüj edilerek DEAE Sephadex™ A-25 rezervuara yüklenmiştir. Sulphatase enzimi ile muamele edilmiştir. 50 µl örnek Waters Spherisorb 5µM ODS 2, 4.6 x 250 mm kolonda % 99 su ve %1 asetonitril karşımından hazırlanan taşıyıcı faz ile 1ml/dak'lık akış hızında 229 nm dalga boyunda HPLC-UV ile analiz edilmiştir. Piklerin konfirmasyonu saf standartlar kullanılarak sağlanmıştır. Glukozinolat miktarı içsel standart kullanılarak µmol/g kuru ağırlık cinsinden hesaplanmıştır. Her çeşide ait glukozinolat miktarı tekerrür ortalaması alınarak ortalama±standart sapma (SD) olarak hesaplanmıştır. Çeşitler arasındaki fark Minitab paket programı kullanılarak varyans analizi ile (ANOVA) hesaplanmıştır. Ortalamalar arası farkların önemlilik düzeyi Duncan testi ile belirlenmiştir. İstatistik açıdan önem düzeyi $p<0.05$ düzeyinde hesaplanmıştır.

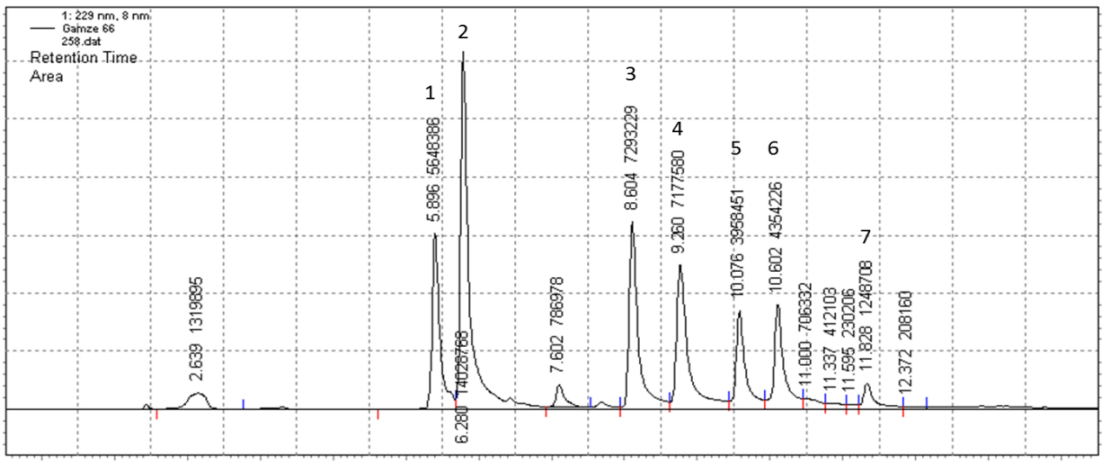


Şekil 48. Glukozinolat ekstraksiyonu

Bulgular

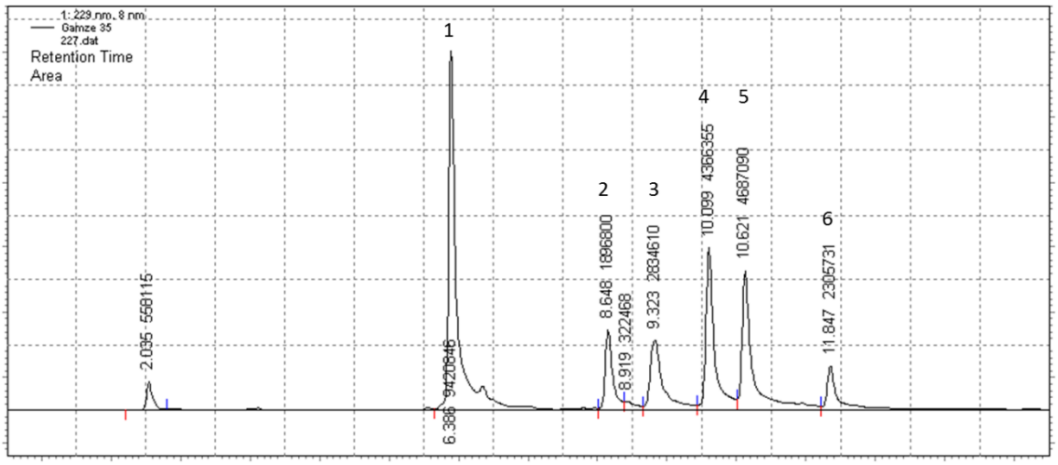
LED ışık uygulamalarının brokoli, lahana ve turp filizlerinin glukozinolat içeriğine etkisi

Beyaz LED ışık (kontrol) ve diğer LED ışık uygulamalarının (kırmızı, mavi, kırmızı ötesi, kırmızı+kırmızı ötesi, mavi+kırmızı ötesi, kırmızı+mavi, kırmızı+mavi+kırmızı ötesi) brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* cv. Turaç 77), lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. Yalova 1) ve turp (*Raphanus sativus* L. cv. Ateş) çeşitlerinde HPLC-UV ile yapılan glukozinolat analizleri sonucunda filizlerin glukozinolat içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen kromatogramlarda, brokolide alifatik gruba dahil olan glucoiberin (3-methylsulphinylpropyl) ve glucoraphanin (4-methylsulphinylbutyl), indol gruba dahil 4-hydroxyglucobrassicin (4-hydroxy-3-indolylmethyl), glucobrassicin (3-ındolylmethyl), 4-methoxyglucobrassicin (4-Methoxy-3-indolyl); 1-methoxyglucobrassicin (1-Methoxy-3-indolylmethyl) glukozinolatların sentezlendiği belirlenmiştir (Şekil 49).



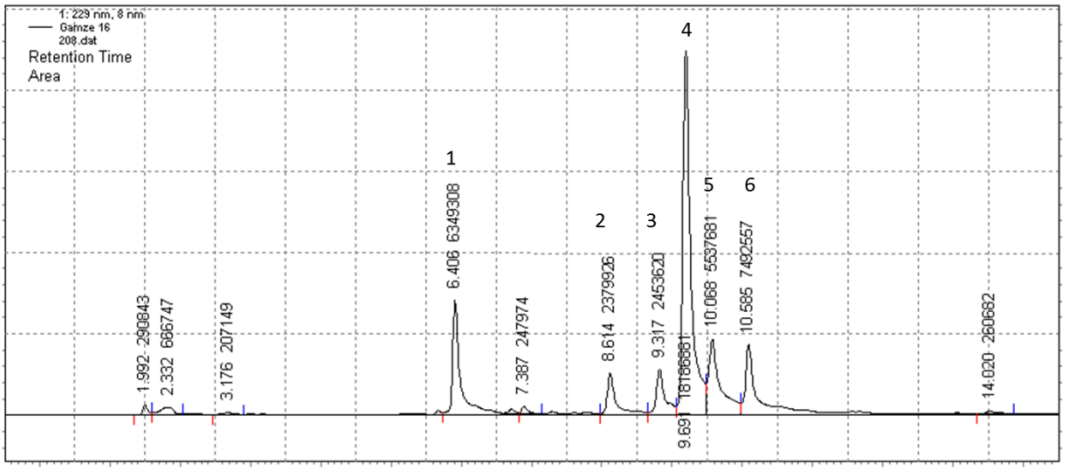
Şekil 49. Brokoli filizlerine ait glukozinolat kromatogramı. *1*: Glucoiberin; *2:*Glucoraphanin; *3:*4-Hydroxyglucobrassicin; 4*:* Glucotrapeolin (içsel standart); 5*: G*lucobrassicin;6*:* 4-Methoxyglucobrassicin;7:1-Methoxyglucobrassicin glukozinolatlar

Lahana filizlerinde ise alifatik gruba dahil olan glucoraphanin (4-methylsulphinylbutyl) glukozinolatı ile indol gruba dahil 4-hydroxyglucobrassicin (4-hydroxy-3-indolylmethyl), glucobrassicin (3-ındolylmethyl), 4-methoxyglucobrassicin (4-Methoxy-3-indolyl); 1-methoxyglucobrassicin (1-Methoxy-3-indolylmethyl) glukozinolatları belirlenmiştir (Şekil 50).



Şekil 50. Lahana filizlerine ait glukozinolat kromatogramı. *1*: Glucoraphanin; 2:4-Hydroxyglucobrassicin; 3*: G*lucotrapeolin (içsel standart); 4*: G*lucobrassicin;5*:* 4-Methoxyglucobrassicin; 6*:* 1-Methoxyglucobrassicin glukozinolatlar

Çalışmada yer alan turp filizlerinde alifatik gruba dahil olan glucoraphenin (4-methylsulfinyl-3-butenyl) ve glucoraphasatin (4-methylthio-3-butenyl) glukozinolat ile indol gruba dahil 4-hydroxyglucobrassicin (4-hydroxy-3-indolylmethyl), glucobrassicin (3-ındolylmethyl), 4-methoxyglucobrassicin (4-Methoxy-3-indolyl); glukozinolatlar belirlenmiştir (Şekil 51).



Şekil 51. Turp filizlerine ait glukozinolat kromatogramı. *1*: Glucoraphenin; 2:4-Hydroxyglucobrassicin; 3*: G*lucotrapeolin (içsel standart); 4:Glucoraphasatin;5*: G*lucobrassicin; 6: 4-Methoxyglucobrassicin glukozinolatlar

Glukozinolat miktarları ekstraksiyon sırasında örneklere eklenen içsel standardın (glucotropaeolin) konsantrasyonuna göre hesaplanmıştır (µmol/g kuru ağırlık). Işık uygulamalarına göre alifatik ve indol

glukozinolat içerikleri tekerrür ortalaması ± standart sapma (SD) olarak verilmiştir. Varyans analizleri sonucunda her tür için uygulamalar arasında glukozinolat içeriği bakımından farklılıklar $P<0.05$ düzeyinde belirlenmiştir.

LED ışık uygulamalarının brokoli filizlerinin glukozinolat içeriğine etkisi

Beyaz ışık (kontrol) ve farklı LED ışık (kırmızı, mavi, kırmızı ötesi, kırmızı+kırmızı ötesi, mavi+kırmızı ötesi, kırmızı+mavi, kırmızı+mavi+kırmızı ötesi) uygulanan brokoli filizlerinde en fazla sentezlenen bileşiğin alifatik gruba dahil glucoraphanin olduğu, bunu yine aynı gruptan glucoiberin bileşiğinin izlediği, indol glukozinolatların miktarının ise alifatiklere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Uygulamalara göre en yüksek glucoiberin miktarı kırmızı ötesi ışık uygulamasında (2.16±0.16 $\mu molg^{-1}$), en yüksek glucoraphanin ve toplam alifatik glukozinolat miktarı mavi ışık uygulamasında (6.18±0.78 $\mu molg^{-1}$ ve 7.77±0.58 $\mu molg^{-1}$) tespit edilmiştir ($P<0.05$). Toplam alifatik glukozinolatlar bakımından mavi ışık uygulamasını, sırasıyla mavi+kırmızı ötesi (7.60±0.55 $\mu molg^{-1}$), kırmızı+mavi (7.58±0.16 $\mu molg^{-1}$) ışık uygulamaları izlemiştir. En düşük toplam alifatik glukozinolat miktarı ise beyaz ışık (6.47±0.25 $\mu molg^{-1}$) uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. LED ışık uygulamalarının brokoli filizlerinin alifatik glukozinolat içeriğine etkisi

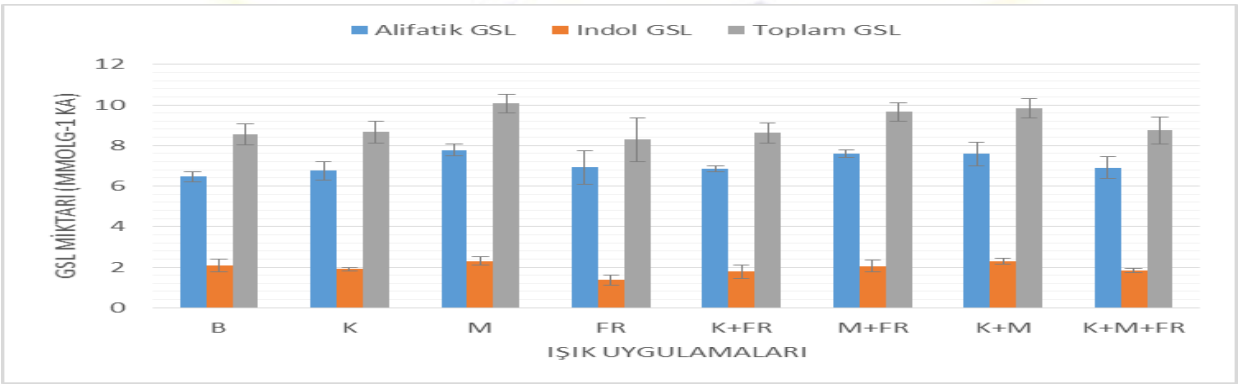
Işık Uygulaması	Glucoiberin ($\mu molg^{-1}$)	Glucoraphanin ($\mu molg^{-1}$)	Toplam Alifatik ($\mu molg^{-1}$)
B	1.44±0.55 BC	5.03±0.52 BCD	6.47±0.25 C
K	1.46±0.55 BC	5.29±0.29 ABCD	6.75±0.29 BC
M	1.59±0.32 ABC	6.18±0.78 A	7.77±0.58 A
FR	2.16±0.16 A	4.77±0.417 D	6.93±0.46 ABC
K+FR	1.94±0.03 AB	4.91±0.79 CD	6.85±0.83 BC
M+FR	1.62±0.39 ABC	5.98±0.15 AB	7.60±0.55 AB
K+M	1.76±0.14 ABC	5.82±0.29 ABC	7.58±0.16 AB
K+M+FR	1.23±0.25 C	5.68±0.15 ABCD	6.91±0.18 ABC

Işık uygulamalarının indol glukozinolatlar üzerine etkisi değerlendirildiğinde, en yüksek 4-hydroxyglucobrassicin miktarı mavi ve kırmızı ötesi ışık uygulamasında (0.47±0.07 $\mu molg^{-1}$); glucobrassicin miktarı kırmızı+mavi ışık uygulamasında (0.84±0.12 $\mu molg^{-1}$); 4-methoxyglucobrassicin miktarı mavi ve beyaz ışık uygulamalarında (0.73±0.14 ve 0.70±0.05 $\mu molg^{-1}$); en yüksek toplam indol

glukozinolat miktarı mavi ışıkta (2.30±0.14 µmolg^{-1}), en düşük toplam indol miktarı ise kırmızı ışıkta (1.90± 0.20 µmolg^{-1}) bulunmuştur (P<0.05). Indoller içerisinde 1-methoxyglucobrassicin bakımından uygulamaların etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Uygulamalar arasında en yüksek toplam glukozinolat miktarının mavi ışık uygulamasında olduğu (10.07±0.48 µmolg^{-1}), bunu sırasıyla kırmızı+mavi (9.85±0.49 µmolg^{-1}) ve mavi+kırmızı ötesi (9.65±0.65 µmolg^{-1}) uygulamalarının izlediği en düşük toplam glukozinolat miktarının ise kırmızı ötesi (8.30±0.54µmolg^{-1}) uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Brokoli filizlerinin ışık uygulamalarına göre alifatik, indol ve toplam glukozinolat içeriklerindeki değişim Şekil 52'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. LED ışık uygulamalarının brokoli filizlerinin indol glukozinolat ve toplam glukozinolat içeriğine etkisi

Işık	4-Hydroxy-glucobrasicinn	Glucobrassicin (µmolg^{-1})	4-Methoxy Glucobrassicin	1-Methoxy Glucobrassicin	Toplam Indoller	Toplam GSL
B	0.36±0.04 AB	0.75±0.10 AB	0.70±0.05 A	0.29±0.22 A	2.10±0.31 ABC	8.56±0.53 CD
K	0.33±0.01 B	0.81±0.06 AB	0.55±0.07 BC	0.21±0.15 A	1.90±0.20 ABC	8.66±0.47 CD
M	0.47±0.07 A	0.80±0.06 AB	0.73±0.14 A	0.30±0.11 A	2.30±0.14 A	10.07±0.48 A
FR	0.47±0.06 A	0.42±0.03 C	0.31±0.05 D	0.16±0.08 A	1.36±0.08 D	8.30±0.54 D
K+FR	0.41±0.05 AB	0.66±0.08 B	0.37±0.06 D	0.35±0.09 A	1.78±0.26 C	8.62±1.07 CD
M+FR	0.39±0.01 AB	0.74±0.02 AB	0.65±0.06 AB	0.27±0.03 A	2.05±0.10 ABC	9.65±0.65 ABC
K+M	0.45±0.14 AB	0.84±0.12 A	0.60±0.04 AB	0.39±0.03 A	2.28±0.33 AB	9.85±0.49 AB
K+M+FR	0.34±0.06 AB	0.72±0.08 AB	0.43±0.11 CD	0.35±0.08 A	1.83±0.29 BC	8.74±0.47 BCD



Şekil 52. LED ışık uygulamalarının brokoli filizlerinin alifatik, indol ve toplam glukozinolat miktarına etkisi

LED ışık uygulamalarının lahana filizlerinin glukozinolat içeriğine etkisi

Beyaz ışık (kontrol) ve farklı led ışık (kırmızı, mavi, kırmızı ötesi, kırmızı+kırmızı ötesi, mavi+kırmızı ötesi, kırmızı+mavi, kırmızı+mavi+kırmızı ötesi) uygulanan lahana filizlerinin glukozinolat içeriğine etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kullanılan lahana çeşidinin filizlerinde alifatik glukozinolatlardan sadece glucoraphanin glukozinolatının sentezlendiği, glucoraphanin cinsinden en yüksek toplam alifatik glukozinolat miktarının kırmızı+mavi ışık kombinasyonunda olduğu (14.47±1.31 $\mu molg^{-1}$), bunu sırasıyla kırmızı+mavi+kırmızı ötesi (13.16±1.43 $\mu molg^{-1}$), mavi (12.34±0.60 $\mu molg^{-1}$), mavi+kırmızı ötesi (12.05±1.08 $\mu molg^{-1}$), beyaz (11.95±3.04 $\mu molg^{-1}$), kırmızı ötesi (11.28±0.67 $\mu molg^{-1}$) ışık uygulamalarının izlediği en düşük toplam alifatik glukozinolat miktarının ise kırmızı ışık uygulanmış lahana filizlerinde olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 3).

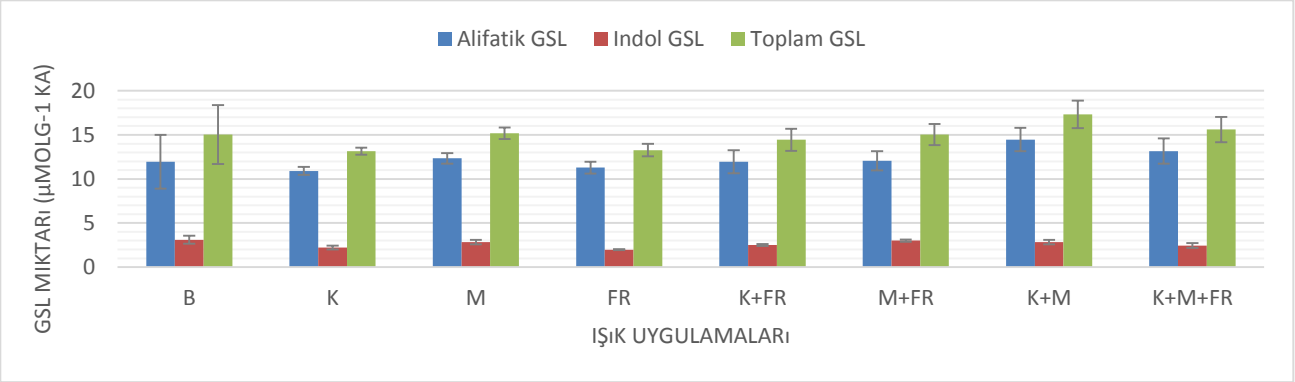
Çizelge 3. LED ışık uygulamalarının lahana filizlerinin alifatik glukozinolat içeriğine etkisi

Işık	**Toplam Alifatik (Glucoraphanin) ($\mu molg^{-1}$)**
B	11.95 ±3.04 AB
K	10.91±0.45 B
M	12.34 ± 0.60 AB
FR	11.28±0.67 B
K+FR	11.95±1.30 AB
M+FR	12.05±1.08 AB
K+M	14.47±1.31 A
K+M+FR	13.16±1.43 AB

Indol glukozinolatların genel olarak lahana filizlerinde düşük miktarlarda sentezlendiği, indoller içerisinde glucobrassicin ve 4-meyhoxyglucobrassicin miktarının diğer indollere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Buna göre en yüksek glucobrassicin ve 4-meyhoxy glucobrassicin miktarı ile toplam indol miktarının beyaz ışık (kontrol) (3.10±0.46 $\mu molg^{-1}$) ve mavi+kırmızı ötesi uygulamasında olduğu (3.00±0.13 $\mu molg^{-1}$) diğer uygulamaların yakın değerler verdiği en düşük toplam indol glukozinolat miktarının ise kırmızı ötesi uygulamasında elde edildiği belirlenmiştir. Toplam glukozinolatlar bakımından ise lahana filizlerine kırmızı+mavi ışık uygulamasının en yüksek sonucu verdiği (17.32±1.57 $\mu molg^{-1}$), bunu sırasıyla kırmızı+mavi+kırmızı ötesi (15.60±1.43 $\mu molg^{-1}$), mavi (15.17±0.65 $\mu molg^{-1}$), mavi+kırmızı ötesi (15.05±1.20 $\mu molg^{-1}$), beyaz (15.04±3.35 $\mu molg^{-1}$) ışık uygulamalarının izlediği en düşük toplam glukozinolat miktarının ise kırmızı ışık uygulamasından (13.13±0.40 $\mu molg^{-1}$) elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4). Lahana filizlerinin ışık uygulamalarına göre alifatik, indol ve toplam glukozinolat içeriklerindeki değişim Şekil 53'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. LED ışık uygulamalarının lahana filizlerinin indol glukozinolat ve toplam glukozinolat içeriğine etkisi

Işık	4-Hydroxy-glucobrasicin (µmolg^{-1})	Glucobrassicin (µmolg^{-1})	4-Methoxy Glucobrassicin (µmolg^{-1})	1-Methoxy Glucobrassicin (µmolg^{-1})	Toplam Indoller	Toplam GSL
B	0.36±0.03 BC	1.21±0.20 A	1.21±0.29 A	0.32 ±0.14 BC	3.10±0.46 A	15.04±3.35 AB
K	0.35±0.09 C	0.93±0.14 B	0.81±0.07 C	0.14±0.02 C	2.22±0.22 CD	13.13±0.40 B
M	0.35±0.02 C	0.91±0.10 B	0.98±0.07 ABC	0.58±0.07 A	2.83±0.24 AB	15.17±0.65 AB
FR	0.50±0.08 A	0.51±0.03 C	0.74±0.05 C	0.22±0.10 BC	1.98±0.04 D	13.26±0.70 B
K+FR	0.47±0.07 AB	0.90±0.12 B	0.88±0.10 BC	0.25±0.11 BC	2.50±0.11 BC	14.45±1.25 AB
M+FR	0.40±0.04 ABC	1.16±0.8 AB	1.08 ±0.10 AB	0.36 ±0.17 B	3.00±0.13 A	15.05±1.20 AB
K+M	0.43±0.08 ABC	1.09±0.12 AB	1.13±0.10 A	0.20±0.01 BC	2.85±0.26 AB	17.32±1.57 A
K+M+FR	0.37±0.03 BC	0.92±0.18 B	0.98±0.08 ABC	0.17±0.02 C	2.44±0.27 BC	15.60±1.43 AB



Şekil 53. LED ışık uygulamalarının lahana filizlerinin alifatik, indol ve toplam glukozinolat miktarına etkisi

LED ışık uygulamalarının turp filizlerinin glukozinolat içeriklerine etkisi

Turpta başlıca sentezlenen alifatik glukozinolatlar glucoraphasetin ve glucoraphenin glukozinolatlarıdır. Farklı ışık uygulamaları sonucunda turp filizlerinde en yüksek glucoraphenin miktarı mavi ışık uygulamasında (9.43±1.72 µmolg^{-1}) elde edilmiş, bunu sırasıyla kırmızı+kırmızı ötesi uygulaması (8.92±0.46 µmolg^{-1}) izlemiştir. En düşük glucoraphenin miktarı ise

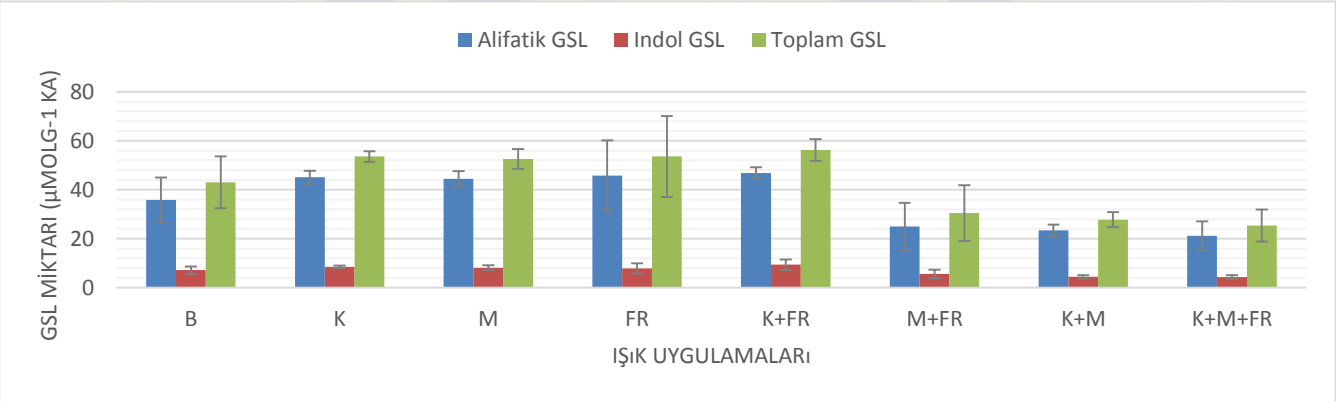
kırmızı+mavi+kırmızı ötesi uygulamasında (3.95±1.10 µmolg^{-1}) belirlenmiştir (P<0.05). Uygulamalar arasında en yüksek glucoraphasetin miktarları ise kırmızı (39.00±2.94 µmolg^{-1}), kırmızı ötesi (38.74±11.38 µmolg^{-1}) ve mavi (34.99±2.94 µmolg^{-1}) ışık uygulamalarında elde edilmiş, en düşük glucoraphasatin miktarı ise kırmızı+mavi (17.82±2.21 µmolg^{-1}) ile kırmızı+mavi+kırmızı ötesi (17.19±4.90 µmol g^{-1}) uygulamalarından elde edilmiştir. Toplam alifatik glukozinolat miktarı bakımından ise kırmızı+kırmızı ötesi (46.86±2.28 µmolg^{-1}), kırmızı ötesi (45.75±14.44 µmolg^{-1}), kırmızı (45.05±2.65 µmolg^{-1}), mavi ışık (44.42±3.14 µmolg^{-1}) uygulamalarından en düşük toplam alifatik glukozinolat miktarı ise kırmızı+mavi+kırmızı ötesi (21.14±5.98 µmolg^{-1}) uygulamasından elde edilmiştir (P<0.05) (Çizelge 5).

Çizelge 5. LED ışık uygulamalarının turp filizlerinin alifatik glukozinolat içeriğine etkisi

Işık Uygulaması	**Glucoraphenin (µmolg^{-1})**	**Glucoraphasatin (µmolg^{-1})**	**Toplam Alifatik (µmolg^{-1})**
B	6.23±2.15 ABC	29.59±7.13 AB	35.82±9.14 AB
K	6.05±2.55 ABC	39.00±2.94 A	45.05± 2.65A
M	9.43±1.72 A	34.99±2.94 A	44.42±3.14 A
FR	7.00±3.20 ABC	38.74±11.38 A	45.75±14.44 A
K+FR	8.92±0.46 AB	37.94±2.42 A	46.86±2.28 A
M+FR	5.28±1.25 C	19.64±8.51 BC	24.92±9.73 BC
K+M	5.52±0.63BC	17.82±2.21 C	23.34±2.46 BC
K+M+FR	3.95 ±1.10 C	17.19±4.90 C	21.14±5.98 C

Çizelge 6. LED ışık uygulamalarının turp filizlerinin indol glukozinolat ve toplam glukozinolat içeriğine etkisi

Işık Uygulaması	4-Hydroxy-glucobrasicin (µmolg^{-1})	Glucobrassicin (µmolg^{-1})	4-Methoxy Glucobrassicin (µmolg^{-1})	Toplam Indoller	Toplam GSL
B	1.05±0.49 ABC	3.62±1.11 AB	2.47±0.16 AB	7.14±1.53 AB	42.97±10.60 AB
K	1.43± 0.21 AB	4.57±0.32 A	2.52±0.34 AB	8.52±0.50 A	53.57±2.16 A
M	1.35±0.27 AB	4.41±0.65 A	2.40±0.49 AB	8.16±0.99 AB	52.58±4.10 A
FR	1.58±0.71 A	3.36±1.52 ABC	2.90±0.17 A	7.84±2.13 AB	53.59±16.56 A
K+FR	1.56±0.21 A	4.69±1.13 A	3.12±0.84 A	9.37±2.13 A	56.22±4.41 A
M+FR	0.79±0.33 BC	2.19±0.95 BC	2.57±0.46 AB	5.55±1.74 BC	30.47±11.43 BC
K+M	0.57±0.09 C	1.84±0.29 C	1.99±0.36 B	4.40±0.75 C	27.74±3.09 BC
K+M+FR	0.52±0.24 C	1.87±0.49 C	1.87±0.10 B	4.26±0.80 C	25.40±6.55 C



Şekil 54. LED ışık uygulamalarının turp filizlerinin alifatik, indol ve toplam glukozinolat miktarına etkisi

Indol glukozinolatların brokoli ve lahana filizlerine kıyasla turp filizlerinde daha yüksek miktarda sentezlendiği buna göre en yüksek 4-hydroxy glucobrassicin miktarının kırmızı ötesi (1.58±0.71 µmolg^{-1}) ve kırmızı+kırmızı ötesi (1.56±0.21 µmolg^{-1}) , en yüksek glucobrassicin miktarlarının

kırmızı+kırmızı ötesi (4.69±1.13 µmolg^{-1}), kırmızı (4.57±0.32 µmolg^{-1}), mavi (4.41±0.65 µmolg^{-1}) ışık uygulamalarında en düşük glucobrassicin miktarı ise kırmızı+mavi (1.84±0.29 µmolg^{-1}), kırmızı+mavi+kırmızı ötesi (1.87±0.49 µmolg^{-1}) uygulamalarında belirlenmiştir. Benzer şekilde 4-methoxyglucobrassicin bakımından da glucobrassicin bileşiğine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Toplam indoller bakımından ise en yüksek değerler kırmızı+kırmızı ötesi (9.37±2.13 µmolg^{-1}) ve kırmızı (8.52±0.50 µmolg^{-1}) ışık uygulamasında, en düşük ise kırmızı+mavi+kırmızı ötesi (4.26±0.80 µmolg^{-1}) ve kırmızı+mavi (4.40±0.75 µmolg^{-1}) ışık uygulamalarında belirlenmiştir. Toplam glukozinolatlar ise kırmızı+kırmızı ötesi (56.22±4.41 µmolg^{-1}), kırmızı ötesi (53.59±16.56 µmolg^{-1}), kırmızı (53.57±2.16 µmolg^{-1}) ve mavi (52.58±4.10 µmolg^{-1}) ışık uygulamalarında en düşük toplam glukozinolat ise kırmızı+mavi+kırmızı ötesi (25.40±6.55 µmolg^{-1}) ve kırmızı+mavi (27.74±3.09 µmolg^{-1}) ışık uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 6). Turp filizlerinin ışık uygulamalarına göre alifatik, indol ve toplam glukozinolat içeriklerindeki değişim Şekil 54'de gösterilmiştir.

LED ışık uygulamalarının brokoli, lahana ve turp filizlerinin yaş ve kuru ağırlık, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH içeriğine etkisi

Beyaz LED ışık (kontrol) ve diğer LED ışık uygulamalarının (kırmızı, mavi, kırmızı ötesi, kırmızı+kırmızı ötesi, mavi+kırmızı ötesi, kırmızı+mavi, kırmızı+mavi+kırmızı ötesi) brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* cv. Turaç 77), lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. Yalova 1) ve turp (*Raphanus sativus* L. cv. Ateş) çeşitlerinde yapılan analizler sonucunda filizlerin yaş ve kuru ağırlık, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH içerikleri belirlenmiştir.

LED ışık uygulamalarının brokoli filizlerinin yaş ve kuru ağırlık, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH içeriğine etkisi

Brokoli filizlerinde farklı ışık uygulamaları sonucunda en yüksek yaş ağırlık kırmızı+kırmızı ötesi uygulamasından (57,67±0,58 g) elde edilmiş ve bunu sırasıyla beyaz (57,33±6,11 g) ve kırmızı (56,33±4,73 g) uygulamaları izlemiştir. En düşük yaş ağırlık değeri ise mavi+kırmızı ötesi uygulamasından (45,67±0,58 g) elde edilmiştir. Kuru ağırlık değeri bakımından uygulamalar kıyaslandığında en yüksek değer kırmızı ışık uygulamasından (11,67±1,79 g) elde edilmiştir, bunu sırasıyla beyaz ışık uygulaması (10,65±2,59 g) takip etmiştir. En düşük kuru ağırlık değerleri ise sırasıyla mavi+kırmızı ötesi (7,23±0,59 g) ve kırmızı+mavi (7,30±0,58 g) uygulamalarından elde edilmiştir. Suda çözünür kuru madde değerleri incelendiğinde en yüksek değer beyaz ışık uygulamasından (%4,43±0,03) elde edilirken, en düşük değer kırmızı ötesi ışık uygulamasından (%2,50±0,00) elde edilmiştir. Uygulamalar pH değeri bakımından kıyaslandığında ise en yüksek değerler sırasıyla beyaz (6,01±0,09) ve kırmızı (5,95±0,05) ışık uygulamalarından elde edilmiştir. Titrasyon asitliği (% sitrik asit) bakımından en yüksek değerler sırasıyla mavi+kırmızı ötesi

(%0,43±0,00), kırmızı+kırmızı ötesi (%0,43±0,02), mavi (%0,43±0,03) ve kırmızı ötesi (%0,42±0,03) ışık uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. LED ışık uygulamalarının brokoli filizlerinin yaş ve kuru ağırlık, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH içeriğine etkisi

	Yaş Ağırlık (g)	**Kuru Ağırlık (g)**	**SÇKM (%)**	**pH**	**TA (% sitrik asit)**
B	57,33±6,11 AB	10,65±2,59 AB	4,43±0,03 A	6,01±0,09 A	0,40±0,02 AB
K	56,33±4,73 AB	11,67±1,79 A	4,09±0,27 B	5,95±0,05 A	0,37±0,02 B
M	50,33±4,04 ABC	8,70±1,56 BC	3,89±0,08 C	5,82±0,02 B	0,43±0,03 A
FR	52,33±2,08 ABC	8,07±0,46 BC	2,50±0,00 F	5,57±0,02 D	0,42±0,03 A
K+FR	57,67±0,58 A	9,88±1,08 ABC	3,20±0,00 E	5,77±0,02 BC	0,43±0,02 A
M+FR	45,67±0,58 C	7,23±0,59 C	3,21±0,02 E	5,73±0,02 C	0,43±0,00 A
K+M	50,00±5,29 ABC	7,30±0,58 C	3,47±0,03 D	5,78±0,07 BC	0,40±0,01 AB
K+M+FR	48,00±9,00 BC	10,04±2,13 ABC	3,53±0,09 D	5,77±0,02 BC	0,39±0,03 AB

LED ışık uygulamalarının lahana filizlerinin yaş ve kuru ağırlık, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH içeriğine etkisi

Lahana filizlerinde farklı ışık uygulamaları sonucunda en yüksek yaş ağırlık değeri kırmızı ışık uygulamasından (49,00±7,21 g) elde edilmiş, bunu sırasıyla kırmızı+kırmızı ötesi (45,33±2,89 g) ve beyaz (45,33±6,43 g) ışık uygulamaları takip etmiştir. En düşük yaş ağırlık değeri ise sırasıyla kırmızı ötesi (31,67±4,62 g) ve kırmızı+mavi (33,00±4,00) ışık uygulamalarından elde edilmiştir. Kuru ağırlık değeri bakımından uygulamalar kıyaslandığında en yüksek değer kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından (11,16±2,37 g) elde edilmiş, bunu sırasıyla kırmızı+kırmızı ötesi (9,52±1,84 g), mavi (9,19±1,91 g) ve beyaz (9,19±2,63 g) uygulamaları takip etmiştir. Suda çözünür kuru madde değerleri bakımından ışık uygulamaları kıyaslandığında en yüksek değerler sırasıyla kırmızı (%3,64±0,02), beyaz (%3,64±0,04) ve mavi (%3,61±0,02) uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük değer ise kırmızı ötesi ışık uygulamasından (%2,51±0,02) elde edilmiştir. pH değeri bakımından uygulamalar kıyaslandığında en yüksek değer beyaz ışık uygulamasından (5,91±0,05) elde edilmiş, bunu sırasıyla kırmızı (5,84±0,07) ve kırmızı+mavi (5,82±0,03) ışık uygulamaları takip etmiştir. En düşük değer ise kırmızı ötesi uygulamasından (5,51±0,05) elde edilmiştir. Titrasyon asitliği (% sitrik asit) bakımından en yüksek değerler beyaz (%0,41±0,02), mavi+kırmızı ötesi (%0,41±0,02) ve kırmızı+mavi (%0,41±0,02) ışık uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük değer

ise kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından (%0,37±0,01) elde edilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. LED ışık uygulamalarının lahana filizlerinin yaş ve kuru ağırlık, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH içeriğine etkisi

Işık	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	SÇKM (%)	pH	TA (% sitrik asit)
B	45,33±6,43 AB	9,19±2,63 AB	3,64±0,04 A	5,91±0,05 A	0,41±0,02 A
K	49,00±7,21 A	7,87±0,35 BC	3,64±0,02 A	5,84±0,07 AB	0,39±0,00 AB
M	41,33±6,66 ABC	9,19±1,91 AB	3,61±0,02 A	5,81±0,05 B	0,39±0,04 AB
FR	31,67±4,62 C	5,59±0,88 C	2,51±0,02 C	5,51±0,05 E	0,40 ±0,02 AB
K+FR	45,33±2,89 AB	9,52±1,84 AB	3,38±0,04 B	5,72±0,06 C	0,40±0,01 AB
M+FR	34,00±4,36 BC	7,07±0,27 BC	3,40±0,00 B	5,60±0,06 D	0,41±0,02 A
K+M	33,00±4,00 C	8,36±1,62 ABC	3,40±0,00 B	5,82±0,03 AB	0,41±0,02 A
K+M+FR	43,00±9,17 ABC	11,16±2,37 A	3,40±0,00 B	5,70±0,04 C	0,37±0,01 B

LED ışık uygulamalarının turp filizlerinin yaş ve kuru ağırlık, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH içeriğine etkisi

Turp filizlerinde farklı ışık uygulamaları sonucunda en yüksek yaş ağırlık kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından (110,67±2,89 g) elde edilmiştir. En düşük yaş ağırlık değeri ise kırmızı+mavi ışık uygulamasından (88,00±6,00 g) elde edilmiştir. Kuru ağırlık değeri bakımından uygulamalar kıyaslandığında en yüksek değer kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından (12,17±0,32 g) elde edilmiş ve bunu mavi+kırmızı ötesi ışık uygulaması (11,00±0,00 g) takip etmiştir. En düşük değer ise kırmızı+mavi ışık uygulamasından (8,30±0,65 g) elde edilmiştir. Suda çözünür kuru madde bakımından en yüksek sonuç kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından (%2,73±0,25) elde edilmiştir. Diğer uygulamalardan ise en düşük sonuçlar elde edilmiş ve hepsinde suda çözünür kuru madde oranı %2,50±0,00 olarak elde edilmiştir. pH değeri bakımından uygulamalar kıyaslandığında en yüksek sonuç mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından (5,78±0,01) elde edilmiştir. En düşük pH değeri ise kırmızı ışık uygulamasından (5,78±0,01) elde edilmiştir. Titrasyon asitliği (%sitrik asit) bakımından uygulamalar kıyaslandığında en yüksek sonuçlar mavi ve kırmızı+mavi ışık uygulamalarından elde edilmiş olup, her ikisinde de %0,26± 0,02 sonucu elde edilmiştir. En düşük sonuçlar ise kırmızı+kırmızı ötesi ve kırmızı+mavi+kırmızı ötesi uygulamalarndan elde edilmiş olup her ikisinde de %0,22±0,01değeri elde edilmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. LED ışık uygulamalarının turp filizlerinin yaş ve kuru ağırlık, suda çözünebilir kuru madde, titre edilebilir asitlik ve pH içeriğine etkisi

Işık	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	SÇKM (%)	pH	TA (% sitrik asit)
B	94,00±10,54 BC	10,19±1,23 BC	2,50±0,00 B	5,53±0,04 BC	0,25±0,03 AB
K	91,67±4,04 BC	8,59±0,86 CD	2,50±0,00 B	5,51±0,01 C	0,23±0,00 AB
M	97,67±5,51 BC	8,74±1,78 CD	2,50±0,00 B	5,61±0,03 BC	0,26±0,02 A
FR	93,67±1,53 BC	8,90±0,10 CD	2,50±0,00 B	5,63±0,11 B	0,25±0,02 AB
K+FR	96,00±6,24 BC	9,88±0,19 BCD	2,50±0,00 B	5,57±0,01 BC	0,22±0,01 B
M+FR	100,33±0,58 B	11,00±0,00 AB	2,50±0,00 B	5,78±0,01 A	0,24±0,02 AB
K+M	88,00±6,00 C	8,30±0,65 D	2,50±0,00 B	5,57±0,09 BC	0,26±0,02 A
K+M+FR	110,67±2,89 A	12,17±0,32 A	2,73±0,25 A	5,63±0,01 B	0,22±0,01 B

V. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde artan tüketici bilincine bağlı olarak, ürünlerin besleyici değerinin yanı sıra sağlık değeri de ön plana çıkmaktadır. Bitki tür ve çeşitlerinin içerdiği çeşitli sekonder metabolitlerin antioksidan aktivite göstererek hücreleri serbest oksijen radikallerinin zararlı etkilerinden koruduğu böylece kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabete karşı koruma sağladığı belirtilmektedir (Podsedek, 2007).

Glukozinolatlar, lahana grubu sebzelerde (*Brassicaceae*) bulunan şeker ve kükürt içerikli sekonder metabolitlerdir. Molekülünde bulunan değişken kenar zincir sayesinde doğada farklı biyokimyasal yapıda 120'den fazla glukozinolat formu bulunduğu bilinmektedir. Bunlar genel olarak alifatik, indol ve aromatik glukozinolatlar olarak gruplandırılmaktadır. Bitkide savunma mekanizması olarak görev yapan bu metabolitlerin, insan sağlığı bakımından da çeşitli yararlar sağladığı, düzenli tüketildiğinde çeşitli hastalıklara karşı koruyucu olduğu bildirilmektedir (Sarıkamış, 2009). Araştırmalar, özellikle brokolide sentezlenen alifatik glukozinolatlardan glucoraphanin (4-methylsulphinylbutyl) ve glucoraphanin molekülünden bir metal grubu eksik olan glucoiberin glukozinolatının parçalanması sonucunda açığa çıkan biyoaktif bileşiklerin vücudun bağışıklık sistemi enzimlerini harekete geçirerek çeşitli hastalıklara karşı koruduğunu göstermektedir (Wang vd. 2005, Juge vd. 2007, Traka vd. 2008, Chambers vd. 2009, Melchini vd. 2009, Verkerk vd. 2009, Li vd. 2010, Moon vd. 2010, Egner vd. 2011, Liu ve Lv 2013, Tortorella vd. 2015, Liu vd. 2016). Indol glukozinolatların anti kanser aktivite gösterdiğine ilişkin bazı araştırmalarda bulunmaktadır (Kim ve Milner 2005, Fujioka vd. 2016).

Bitkilerin glukozinolat içeriği, türlere, çeşitlere, yetiştiricilik sırasındaki ve sonrasındaki koşullara göre değişiklik göstermektedir. Aynı zamanda bitkinin içerisinde bulunduğu gelişme dönemi ve farklı kısımlarına göre glukozinolat içerikleri değişiklik gösterebilmektedir. Yüksek düzeylerde glukozinolat içeren yeni brokoli çeşitleri geliştirmek amacıyla yürütülen bir ıslah çalışmasında, brokoliye akraba yabani bir tür ile bir kültür çeşidi melezlenerek daha yüksek miktarda glukozinolat içeren yeni hatlar geliştirilmiştir (Sarıkamış vd. 2006). Ayrıca söz konusu brokoli ıslah hatları kullanılarak, genetik ve moleküler yaklaşımlarla, bitki genomu üzerinde glukozinolat senteziyle ilişkili bölgeler ve bu bölgeler üzerinde yer alan moleküler markerlar belirlenmiştir (Sarıkamış vd. 2006). Bitkinin farklı gelişme dönemlerinde ve farklı kısımlarında glukozinolat miktarları değişiklik göstermektedir. Tohumlarda, genç filiz ve fide dönemlerinde glukozinolat miktarların yüksek olduğu belirlenmiştir (Fahey vd. 1997, Guo vd. 2014, Sarıkamış vd. 2015). Özellikle filizlerde içeriğin yüksek olduğunu gösteren bazı araştırmalar sonucunda lahana grubu sebzelerin filizlerinin tüketiminin sağlık açısından önemli yarar taşıyabileceği görüşü oluşmuştur.

Bu bilgiler ışığında, projede farklı LED ışık uygulamalarının brokoli, lahana ve turp filizlerinin glukozinolat içeriğine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, genel olarak incelenen türlerde filiz döneminde sağlık yararı ile ön plana çıkan alifatik glukozinolat miktarının, indol glukozinolatlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, genç fide ve filizlerde yapılan önceki çalışmalar ile uyum içerisindedir (Sarıkamış vd. 2015 ve 2017). Brokolide sentezlenen ve antikanserojenik özelliği bildirilen sulforafanın öncü maddesi glucoraphanin miktarının proje konusu brokoli filizlerinde yüksek olduğu, uygulamalara göre değerlendirildiğinde mavi ışık ve kombinasyonlarında kontrole göre bir miktar daha yüksek olduğu, far-red ve kırmızı+kırmızı ötesi uygulamalarında ise kontrole göre biraz daha düşük olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$) (Çizelge 1). Yetiştiricilik sırasında oluşan strese bağlı olarak yükseliş gösteren, stresle ilişkilendirilen indol glukozinolatların miktarı ise brokoli filizlerinde oldukça düşük bulunmuştur. Bu durumun bitkilerin optimum koşulların sağlandığı iklim kontrollü ortamda yetiştirilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Denemede, brokoli filizlerinde alifatik glukozinolatlara benzer şekilde toplam indol glukozinolat içeriğinin de mavi ışık uygulamasıyla kontrole göre az da olsa bir miktar yüksek olduğu, diğer ışık uygulamalarında ise kontrole göre bir miktar düşük olduğu gözlenmiştir (Çizelge 2).

Lahana filizlerinde brokoliden farklı olarak glucoiberin sentezlenmezken filizlerin glucoraphanin cinsinden toplam alifatik glukozinolat miktarı yüksek bulunmuştur (Çizelge 3). Alifatik glukozinolat profili ve miktarı tür ve çeşitlerin genetik alt yapısıyla ilişkili olup genetik özelliklere göre farklılıklar ortaya çıkabilmektedir (Sarıkamış vd. 2006). Uygulamalar bakımından ise kırmızı+mavi

ışık kombinasyonunda en fazla olmak üzere genel olarak uygulamalarda kontrole göre alifatik glukozinolat miktarının bir miktar daha yüksek olduğu, kırmızı ışık uygulamasında daha düşük olduğu, kırmızı ötesi uygulamasında ise kontrolle benzer sonuç verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3). Indoller bakımından ise genel olarak brokoliye benzer şekilde lahanada toplam indol glukozinolat miktarı düşük bulunmuştur. Uygulamalar içerisinde kontrol grubu olan beyaz ışıkta en yüksek olmakla birlikte diğer uygulamalarda az da olsa daha düşük değerler belirlenmiştir.

Turp, alifatik glukozinolatlardan glucoraphenin ve özellikle de glucoraphasatin glukozinolatını yüksek miktarlarda sentezlemektedir. Turpta glukozinolatların parçalanması sonucunda açığa çıkan isothiocyanatların hücre kültürleri üzerinde antiproliferatif aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Li vd. 2016). Toprak kökenli mikroorganizmalara karşı biyofumigant özelliğiyle de öne çıkan turpun, toprağa karıştırıldığında kök ur nematodları üzerinde toksik etki yarattığı belirtilmektedir (Anita, 2012). Projede turp filizlerinin glucoraphenin ve glucoraphasatin cinsinden toplam alifatik glukozinolat içeriği yüksek bulunmuştur (Çizelge 5).Kontrole göre kırmızı, mavi, kırmızı ötesi, kırmızı+kırmızı ötesi uygulamalarında miktar daha yüksek iken mavi ışık kombinasyonlarında daha düşük olmuştur. Indol glukozinolatlar bakımından ise diğer türlere göre indol miktarı daha yüksek bulunmuştur. Uygulamalara göre, kontrolle karşılaştırıldığında bir miktar yüksek bulunmakla birlikte kırmızı+mavi ve kırmızı+mavi+kırmızı ötesi kombinasyonlarda yarı yarıya düşük bulunmuştur (Çizelge 6).

Proje sonucunda, bitki yetiştiriciliğinde kullanılma potansiyeline sahip LED ışık uygulamalarının lahana grubu sebzelerde en önemli sekonder metabolit grubu olan ve sağlık açısından yararları pek çok araştırmaya konu olmuş glukozinolat içeriklerine etkisi belirlenmiştir. Buna göre,

- Kontrollü koşullarda yetiştirilen brokoli, lahana ve turp filizlerinde yararlı bileşikler olarak kabul edilen alifatik gruba dahil glukozinolat miktarlarının indollere göre daha yüksek olduğu
- Türlerin ışık uygulamalarına tepkisinin değişkenlik gösterdiği
- Bazı LED ışık uygulamalarında kontrole göre glukozinolat miktarlarının az ya da çok daha yüksek olduğu bazı uygulamalarda ise daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Kullanılan yapay ışığın kalitesi bitki büyümesini ve gelişimini etkilemektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda farklı dalga boylarındaki ışıkların bitki gelişimine potansiyel faydaları araştırılmaktadır. Bu uygulamaların potansiyel faydaları, artan büyüme oranı ile gelişen verimi içermektedir (Lee vd. 2016). Uygulamalar kıyaslandığında yaş ağırlık bakımından brokoli filizlerinde kırmızı+kırmızı ötesi, lahana filizlerinde kırmızı, turp filizlerinde ise kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamalarından en yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Kuru ağırlık bakımından ise brokoli filizlerinde kırmızı ışık

uygulamasından, lahana ve turp filizlerinde ise kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından en yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Brokoli filizlerinde yaş ve kuru ağırlık bakımından en düşük sonuçlar mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından, lahana filizlerinde kırmızı ötesi, turp filizlerinde ise kırmızı+mavi ışık uygulamasından elde edilmiştir. Dou vd. (2017)' nin belirttiği üzere mavi ışık yüzdesinin artışı belirli bir seviyeye ulaştığında bitki büyümesi ve verimi düşmektedir. Kopsell vd. (2014)'nin yaptıkları çalışmada da brokoli filizlerinde yaş ağırlık mavi ışık oranının %5' ten %20' ye artması ile %20 oranında azalmıştır. Ancak spektral ışık değişiklikleri farklı bitki türleri arasında farklı morfogenetik ve fotosentetik tepkilere neden olabilir. Bu tip foto yanıtlar günümüzde bitki yetiştirme teknolojisinde pratik önem taşımaktadır (Lin vd. 2013).

Suda çözünür kuru madde yönünden brokoli filizlerinde kontrole kıyasla diğer ışık uygulamalarından düşük sonuçlar elde edilirken, lahana filizlerinde en yüksek sonuçlar kırmızı, mavi ışık ve kontrol grubundan, turp filizlerinde ise en yüksek değer kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından elde edilmiştir. pH bakımından brokoli ve lahana filizlerinde kontrol gurubundan en yüksek sonuçlar elde edilirken, turp filizlerinde mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamasından elde edilmiştir. Titre edilebilir asitlik (% sitrik asit) yönünden en yüksek sonuçlar brokoli filizlerinde mavi, kırmızı+kırmızı ötesi, mavi+kırmızı ötesi ve kırmızı ötesi ışık uygulamalarından elde edilirken, lahana filizlerinden mavi+kırmızı ötesi, kırmızı+mavi ve kontrol gruplarından, turp filizlerinde ise mavi ve kırmızı+mavi ışık uygulamasından yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Gelişmelere dayalı olarak LED teknolojisinde ışık kalitesi uygulamasının optimizasyonu, bir ışık formülü konseptini ortaya çıkarmaktadır (Samuoliene˙ vd. 2017). Ayrıca ışık miktarını, kalitesini, süresini veya kombinasyonunu değiştirme olanakları ile bitki büyümesini, gelişimini veya metabolizmasını etkilemek ve istenilen nihai ürünü elde etmek açısından LED'lerin kullanılması büyük önem taşımaktadır (Carvalho ve Folta, 2014).

VI. Geleceğe İlişkin Öngörülen Katkılar

Bu projeden sağlanan ekipmanlar ile farklı spektrumlarda LED aydınlatmanın bitki gelişimine etkilerini ortaya koyacak çeşitli çalışmalar, lisans ve lisansüstü öğrencilere bu konuda eğitimler, tezler verilmesi, münferit araştırmalar yapılması planlanmaktadır. LED modüllerinin remontajı ile farklı ışık reçetelerinin oluşturulabilmesi son birkaç yılda ağırlık kazanan LED modüllerle yapılacak çalışmalara da büyük oranda olanak sağlayacaktır. Ayrıca etken maddelerin artırılabilme olanaklarının belirlenebilmesi için yetiştirme periyodunda süre ve ışık reçetesi ile yoğunluklarının etkilerinin araştırılabileceği bir arge ortamı oluşturulmuş ve farklı çalışmalar planlanmıştır.

VII. Sağlanan Altyapı Olanakları ile Varsa Gerçekleştirilen Projeler

Sağlanan ortam ile mikro filiz çalışmalarının devamı, mikro yeşillik ve farklı fidelerin kısa sürede yetiştirilme konularında çalışmalar planlanmaktadır. LED ışık ve ışık reçeteleri kombinasyonlarının farklılaştırılarak bitki fizyolojisini etkileyen çalışmaların yoğun olarak sürdürülmesi planlanmaktadır.

VIII. Sağlanan Altyapı Olanaklarının Varsa Bilim/Hizmet ve Eğitim Alanlarındaki Katkıları

Bu projeden elde edilen ekipmanlar, öğrencilere ışık spektrumlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri konusunda eğitimlerde kullanılmaktadır. Son yıllarda değer kazanan ve ülkemizde bu konuda yok denecek kadar az olan çalışma alanında dünyada yapılan çalışmalara eşdeğer çalışmalar ve bilgi birikimine sahip olunmaktadır. Ayrıca şehir ve ev tarımına yönelik bitkisel üretimin artırılmasına yönelik çalışmalara, gıdaya olan ihtiyaç düşünüldüğünde dünyada da büyük ilgi ve yönelim olmuştur. Bu konuda teknoloji ve bilgiden geri kalmamak adına önemli çıktıları olacak çalışmalar da yapılabilecektir. Çıktıları olarak da bilimsel yayınlar yapılabilecektir.

IX. Kaynaklar

Anita, B. 2012. Crucifer Vegetable Leaf Wastes as Bio Fumigants for The Management of Root Knot Nematode (Meloidogyne hapla Chitwood) in Celery (Apiumgraveolens L.). JBiopest, 5, 111-114.

Björkman, M., Klingen, I., Bırch, A.N.E., Bones, A.M., Bruce, T.J.A., Johansen, T.J., Meadow, R., Mølmann, J., Seljåsen, R., Smart, L.E., Stewart, D. 2011. Phytochemicals of Brassicaceae in Plant Protection and Human Health – Influences of Climate, Environment and Agronomic Practice. Phytochemistry, 72, 538-556.

Bones, A.M., Rossiter, J.T. 2006. The Enzymic and Chemically Induced Decomposition of Glucosinolates. Phytochemistry, 67, 1053-1067.

Bonnesen, C., Eggleston, I.M., Hayes, J.D. 2001. Dietary Indoles and Isothiocyanates That are Generated from Cruciferous Vegetables can Both Stimulate Apoptosis and Confer Protection Against DNA Damage in Human Colon Cell Lines. Cancer Research, 61, 6120-6130.

Carvalho, S. D., Folta, K. M. 2014. Sequential Light Programs Shape Kale (Brassica napus) Sprout Appearance and Alter Metabolic and Nutrient Content. Horticulture Research, 1, 1-13.

Cemeroğlu, B.S. 2013. Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi, 480, Ankara.

Chambers, K.F., Bacon, J.R., Kemsley, E.K., Mills, R.D., Ball R.Y., Mithen, R.F., Traka, M.H. 2009. Gene Expression Profile of Primary Prostate Epithelial and Stromal Cells in Response to Sulforaphane or Iberin Exposure. The Prostate, 69(13), 1411-1421.

Conaway, C., Yang, Y.M., Chung, F.L. 2002. Isothiocyanates as Cancer Chemopreventive Agents: Their Biological Activities and Metabolism in Rodents and Humans. Current Drug Metabolism, 3(3), 233-255.

Çakırer, G., Başak, H., Demir, K. 2017a. LED Aydınlatma ve Önemi. Tarım Türk-Seracılık, Mart-Nisan, 64, 12-16.

Çakırer, G., Akan, G., Demir, K., Yanmaz, R. 2017b. Bahçe Bitkilerinde Kullanılan Işık Kaynakları. Akademik Ziraat Dergisi (Özel Sayı), 6, 63-70.

Deng, M., Qian, H., Chen, L., Sun, B., Chang, J., Miao, H., Cai, C., Wang, Q. 2017. Influnce of Pre-Harvest Red Light Irradiation on Main Phytochemicals and Antioxidant Activity of Chinese Kale Sprouts. Food Chemistry, 222, 1-5.

Dou, H., Niu, G., Gu, M., Masabni, J., 2017. Effects of Light Quality on Growth and Phytonutrient Accumulation of Herbs under Controlled Environments. Horticulturae, 3, 36.

Egner, P.A., Chen, J.G., Wang, J.B., Wu, Y., Sun, Y., Lu, J.H., Zhu, J., Zhang, Y.H., Chen, Y.S., Friesen, M.D., Jacobson, L.P., Muñoz, A., Ng, D., Qian, G.S., Zhu, Y.R., Chen, T.Y., Botting, N.P., Zhang, Q., Fahey, J.W., Talalay, P., Groopman, J.D., Kensler, T.W. 2011. Bioavailability of Sulforaphane from Two Broccoli Sprout Beverages: Results of A Short-term, Cross-Over Clinical Trial in Qidong, China. Cancer Preventive Research, 4(3), 384-395.

Fahey, J.W., Zhang, Y., Talalay, P. 1997. Broccoli Sprouts: An Exceptionally Rich Source of Inducers of Enzymes That Protect Against Chemical Carcinogens. Proceeding of Natinonal Academy of Sciences, 94(19), 10367-10372.

Fujioka, N., Fritz, V., Upadhyaya, P., Kassie F., Hecht, S.S. 2016. Research on Cruciferous Vegetables, Indole-3-carbinol, and Cancer Prevention: A Tributeto Lee W. Wattenberg. Molecular Nutrition and Food Research, 60(6), 1228-1238.

Guo, L., Yang, R., Wang, Z., Guo, Q., Gu Z. 2014. Effect of NaCl Stress on Health-Promoting Compounds and Antioxidant Activity in The Sprouts of Three Broccoli Cultivars. International Journal of Food Science and Nutrition, 65(4), 476–481.

Hagen, S.F., Borge, G.I.A., Solhaug, K.A., Bengtsson, G.B. 2009. Effect of Cold Storage and Harvest Date on Bioactive Compounds in Curly Kale (Brassica oleracea L. var. acephala). Postharvest Biology and Technology, 51, 36-42.

Juge, N., Mithen, R.F., Traka, M. 2007. Molecular Basis for Chemoprevention by Sulforaphane: A Comprehensive Review. Cellular and Molecular Life Sciences, 64, 1105-1127.

Kim, Y.S. ve Milner, J.A. 2005. Targets for Indole-3-carbinol in Cancer Prevention. The Journal of Nutritional Biochemistry, 16(2), 65-73.

Kopsell, D.A., Sams, C.E., Barickman, T.C., Morrow, R.C., 2014. Sprouting Broccoli Accumulate Higher Concentrations of Nutritionally Important Metabolites under Narrowband Light-Emitting Diode Lighting. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 139, 469-477.

Lee, G., Yoon, J., Lee, M. 2015. Effects of Irradiation Quantities of Mixed Red and Blue LEDs on the Growth, Total Flavonoids and Phenolic Compound Contents of Leaf Lettuce Grown in Plant Factory. XXIX IHC–Proc. Int. Symp. on Innovation and New Technologies in Protected Cropping, Acta Hortic., 245-250.

Lee, M.J., Son, K.H., Oh, M.M. 2016. Increase in Biomass and Bioactive Compounds in Lettuce under Various Ratios of Red to Far-red LED Light Supplemented with Blue LED Light. Hortic. Environ. Biotechnol. 57(2), 139-147.

Li, Y., Zhang, T., Korkaya, H., Liu, S., Lee, H.F., Newman, B., Yu, Y., Clouthier, S.G., Schwartz, S.J., Wicha, M.S., Sun, D. 2010. Sulforaphane, A Dietary Component of Broccoli/Broccoli Sprouts, Inhibits Breast Cancer Stem Cells. Clinical Cancer Research, 16(9), 2580-2590.

Li, R., Song, D., Vriesekoop, F., Cheng, L., Yuan, Q., lian, H. 2016. Glucoraphenin, Sulforaphene, and Antiproliferative Capacity of Radish Sprouts in Germinating and Thermal Processes. European Food Research andTechnology, 243(4), 547–554.

Lin, K.H., Huang, M.Y., Huang, W.D., Hsu, M.H., Yang, Z.W., Yang, C.M. 2013. The Effects of Red, Blue, and White Light-Emitting Diodes on the Growth, Development, and Edible Quality of Hydroponically Grown Lettuce (Lactuca sativa L. var. capitata). Scientia Horticulturae, 150, 86-91.

Liu, X. ve Lv, K. 2013. Cruciferous Vegetables Intake is Inversely Associated with Risk of Breast Cancer: A Meta-Analysis. The Breast, 22(3), 309-313.

Liu, C.M., Peng, C.Y., Liao, Y.W., Lu, M.Y., Tsai, M.L., Yeh, J.C., Yu, C.H., Yu, C.C. 2016. Sulforaphane Targets Cancer Stemness and Tumor Initiating Properties in Oral Squamous Cell Carcinomas Via MiR-200c Induction. Journal of the Formosan Medical Association, 116(1), 41-48.

Melchini, A., Costa, C., Traka, M., Miceli, N., Mithen, R., De Pasquale, R., Trovato, A. 2009. Erucin, A New Promising Cancer Chemopreventive Agent from Rocket Salads, Shows Anti-Proliferative Activity on Human Lung Carcinoma A549 Cells. Food Chemical Toxicology, 47(7), 1430-1436.

Moon, J.K., Kim, J.R., Ahn, Y.J., Shibamoto, T. 2010. Analysis and Anti-Helicobacter Activity of Sulforaphane and Related Compounds Present in Broccoli (Brassica oleracea L.) Sprouts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(11), 6672-6677.

Nascimento, L.B.S., Leal-Costa, M.V., Coutinho, M.A.S., Moreira, N.D.S., Lage, C.L.S., Barbi, N.D.S., Costa, S.S., Tavares, E.S. 2013. Increased Antioxidant Activity and Changes in Phenolic Profile of Kalanchoe pinnata (Lamarck) Persoon (Crassulaceae) Specimens Grown Under Supplemental Blue Light. Photochemistry and Photobiology, 89, 391-399.

Nicola, G.R.D., Bagatta, M., Pagnotta, E., Angelino, D., Gennari, L., Ninfali, P., Rollin, P., Iori, R. 2013. Comparison of Bioactive Phytochemical Content and Release of Isothiocyanates in Selected Brassica sprouts. Food Chemistry, 141, 297-303.

Onsekizoğlu, P., Acar, J. 2003. İzotiyosiyanatlar ve İnsan Beslenmesindeki Önemi. Gıda Mühendisliği Dergisi, 37-42.

Özkök, A., Çakırer, G., Demir, K. 2016. Sera ve Led Aydınlatma. Tarım Gündem, Mart-Nisan, 31, 32-34.

Podsędek, A. 2007. Natural Antioxidants and Antioxidant Capacity of Brassica Vegetables: A Review. LWT-Food Science and Technology, 40(1),1-11.

Samuolienė, G., Viršilė, A., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., Vaštakaitė, V., Novičkovas, A., Viškeliene˙, A., Sasnauskas, A., Duchovskis, P. 2017. Blue light Dosage Affects Carotenoids and Tocopherols in Microgreens. Food Chemistry 228, 50-56.

Sarıkamış, G., Marquez, J., Maccormack, A., Bennett, R., Roberts, J., Mithen, R. 2006. High Glucosinolate Broccoli-A Delivery System for Sulforaphane. Molecular Breeding, 18, 219-228.

Sarıkamış, G. 2009. Glucosinolates in Crucifers and Their Potential Effects Against Cancer: Review. Canadian Journal of Plant Science, 89(5), 953-959.

Sarıkamış, G., Yıldırım, A., Alkan, D. 2015. Glucosinolates in Seeds, Sprouts and Seedlings of Cabbage and Black Radish as Sources of Bioactive Compounds. Canadian Journal of Plant Science, 95(4), 681-687.

Sarıkamış G., Aydın B., Yavuz M. 2017. Glucosinolates in Heads and Sprouts of Green, White and Romanesco Cauliflower. Fresenius Environmental Bulletin 26:No.12A 8233-8238.

Sturm, C., Wagner, E. 2017. Brassica-Derived Plant Bioactives as Modulators of Chemopreventive and Inflammatory Signaling Pathways. Int. J. Mol. Sci., 18(9), 1-21.

Szajdek, A., Borowska, E.J. 2008. Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Berry Fruits: A Review. Plant Food Hum Nutr, 63, 147-156.

Tortorella, S.M., Royce, S.G., Licciardi, P.V., Karagiannis, T.C. 2015. Dietary Sulforaphane in Cancer Chemo Prevention: The Role of Epigenetic Regulation and HDAC Inhibition. Antioxidants & Redox signaling, 22(16), 1382-1424.

Traka, M., Gasper, A.V., Melchini, A., Bacon, J.R., Needs, P.W., Frost, V., Chantry, A., Jones, A.M.E., Ortori, C.A., Barrett, D.A., Ball, R.Y., Mills, R.D., Mithen, R.F. 2008. Broccoli Consumption Interacts with GSTM1 to Perturb Oncogenic Signalling Pathways in The Prostate. PLOS ONE, 3(7), 1-14.

Vale, A.P., Cidade, H., Pinto, M., Oliveira, M.B.P.P. 2014. Effect of Sprouting and Light Cycle on Antioxidant Activity of Brassica oleracea Varieties. Food Chemistry, 165, 379-387.

Vale, A.P., Santos, J., Brito, N.V., Marinho, C., Amorim, V., Rosa, E., Oliveira M.B.P.P. 2015. Effect of Refrigerated Storage on the Bioactive Compounds and Microbial Quality of Brassica oleraceae Sprouts. Postharvest Biology and Technology, 109, 120-129.

Verkerk, R., Schreiner, M., Krumbein, A., Ciska, E., Holst, B., Rowland, I., De Schrijver, R., Hansen, M., Gerhäuser, C., Mithen, R., Dekker, M. 2009. Glucosinolates in Brassica Vegetables: The Influence of The Food Supply Chain on Intake, Bioavailability and Human Health. Molecular Nutrition and Food Research, 53, 219-265.

Wang, W., Wang, S., Howie, A.F., Beckett, G.J., Mithen, R., Bao, Y. 2005. Sulforaphane, Erucin, and Iberin Up-Regulate Thioredoxin Reductase 1 Expression in Human MCF-7 Cells. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(5), 1417-1421.

Yan, X., Chen, S. 2007. Regulation of Plant Glucosinolate Metabolism. Planta, 226, 1343-1352.

X. Ekler

a. Mali Bilanço ve Açıklamaları

Bütçe Yılı	Detaylar											
2018	Bütçe Kodu	Açıklama	Önceki Yıldan Devir	Başlangıç Ödeneği	Eklenen Aktarma	Düşülen Aktarma	Eklenen Ödenek	Düşülen Ödenek	Net Ödenek	Harcanan	Bloke Edilen (Avans)	Bloke Edilen (Diğer)	Kalan
	03.2	TÜKETİME YÖNELİK MAL VE MALZEME ALIMLARI	0,00	24.976,96	0,00	0,00	0,00	0,00	24.976,96	24.453,31	0,00	0,00	523,65
	03.5	HİZMET ALIMLARI	0,00	708,00	0,00	0,00	0,00	0,00	708,00	0,00	0,00	0,00	708,00
	03.7	MENKUL MAL,GAYRİMADDİ HAK ALIM,BAKIM VE ONARIM GİD.	0,00	17.315,04	0,00	0,00	0,00	0,00	17.315,04	17.169,00	0,00	0,00	146,04
		Toplam	**0,00**	**43.000,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**43.000,00**	**41.622,31**	**0,00**	**0,00**	**1.377,69**

Bütçe Yılı	Bütçe Kodu	Açıklama	Önceki Yıldan Devir	Başlangıç Ödeneği	Eklenen Aktarma	Düşülen Aktarma	Eklenen Ödenek	Düşülen Ödenek	Net Ödenek	Harcanan	Bloke Edilen (Avans)	Bloke Edilen (Diğer)	Kalan
2019	03.2	TÜKETİME YÖNELİK MAL VE MALZEME ALIMLARI	523,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	523,65	0,00	0,00	0,00	523,65
	03.5	HİZMET ALIMLARI	708,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	708,00	0,00	0,00	0,00	708,00
	03.7	MENKUL MAL,GAYRİMADDİ HAK ALIM,BAKIM VE ONARIM GİD.	146,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,04	0,00	0,00	0,00	146,04
		Toplam	**1.377,69**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**1.377,69**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**1.377,69**

b. Makine ve Teçhizatın Konumu ve İlerideki Kullanımına Dair Açıklamalar

Bu projeden elde edilen makine ve teçhizatın tümü Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde bulunmaktadır. Bu projeden sağlanan ekipmanlar ile LED aydınlatmanın bitki gelişimi üzerindeki etkilerini ortaya koyacak çalışmalar planlanmaktadır. Kurulan ünitede corona salgını nedeniyle çalışmalarımız yavaşlamıştır. Ancak çok sayıda ve etkin olarak kullanma planlarımız vardır ve uygulanacaktır.

c. Teknik ve Bilimsel Ayrıntılar

Teknik ve bilimsel ayrıntılara, materyal ve metot kısmında yer verilmiştir.

d. Sunumlar (bildiriler ve teknik raporlar) (Altyapı ve Yönlendirilmiş Projeler için uygulanmaz)

-

e. Yayınlar (hakemli bilimsel dergiler) ve tezler (Altyapı ve Yönlendirilmiş Projeler için uygulanmaz)

Bu projeden temin edilen makine ve teçhizat ile ‘’Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) Fidelerinin Muhafazasında Farklı Dalga Boylu LED Aydınlatma Uygulamalarının Fide Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri’’ ve ‘’ Farklı Dalga Boylu LED Aydınlatma Uygulamalarının Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) Fidelerinin Gelişimi, Kalite Özellikleri ve Mineral Element İçeriklerine Etkileri’’ konulu iki adet doktora tezi yürütülmektedir ve çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca bilimsel hakemli, değerli dergilerde yayımlanmak üzere yayım çalışması başlatılmıştır.