

Çimlendirilme ortamına göre brokoli filizinin in vivo etkisinin belirlenmesi

Determination of in vivo effect of broccoli sprouts according to germination environment

Eda GÜNEŞ^{*1,a}, Hatice Kübra ERÇETİN^{2,b}

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 42300, Konya

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, 423000, Konya

• Geliş tarihi / Received: 03.08.2021

• Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 22.12.2021

• Kabul tarihi / Accepted: 31.01.2022

Öz

Çalışmada fonksiyonel ve antioksidan özelliklerinden dolayı beslenmede kullanılan brokoli filizlerinin, çimlendirme ortamına göre kullanımları ve canlılar üzerinde etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla model organizma *Drosophila melanogaster* standart besini (kontrol), metal elek (BM) ve plastik eleklerde çimlendirilen (BP) brokoli filizleri standart besine %30 oranında eklenerek yaşama-gelişim, eşey oranı, ağırlık ve yumurta verimi hesaplanmıştır. Beslenmede kullanılan deney gruplarından BP ile beslenmeye devam edilen ergin bireylerde (larva ve pupalar hariç) ve BM ile beslenen bireylerin yaşama oranını azaltmış, gelişme süresini önemli miktarda uzatmıştır. BP'nin yumurta verimi ve ağırlığı artırarak BM'ye oranla daha kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Brokoli gibi çimlenen ürünlerde bulunan fenolik bileşenlerin çimlenme süresinde artması böceği olumlu etkilerken, çimlenme ortamı olarak kullanılan maddelerden metal geçişi nedeniyle sineklerin olumsuz etkilenebilecekleri tespit edilmiştir. Bu çalışma ile çimlendirilen ürün ve çimlendirme ortamının sadece model organizma açısından değil insan beslenmesinde de kullanımında dikkatli olunması gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Brokoli filizi, *Drosophila*, Gelişme süresi, Yaşama oranı, Yumurta verimi

Abstract

*In this study, it was aimed to determine the use of broccoli sprouts used in nutrition due to their functional and antioxidant properties, according to the germination medium and their effects on living things. For this purpose, life-development, sex ratio, weight and egg yield were calculated by adding 30% of the standard food of the model organism *Drosophila melanogaster* (control), broccoli sprouts germinated in metal sieve (BM) and plastic sieves (BP) to the standard food. Among the experimental groups used in nutrition, it decreased the survival rate of adults (except for larvae and pupae) and individuals fed with BP and prolonged the development period significantly. It has been determined that BP is more usable than BM by increasing egg production and weight. While the increase in the phenolic components in germinating products such as broccoli during the germination period affects the insect positively, it has been determined that the flies can be adversely affected due to metal transfer from the substances used as germination media. With this study, it is thought that care should be taken not only in terms of model organism but also in the use of the germinated product and germination medium in human nutrition.*

Keywords: Broccoli sprout, *Drosophila*, Development time, Survival rate, Egg fecundity

^{*a} Eda GÜNEŞ; egunes@erbakan.edu.tr, Tel: (0332) 325 1147, orcid.org/0000-0001-7422-9375

^b orcid.org/0000-0001-7935-4052

1. Giriş

1. Introduction

Uzak Doğu'da ortaya çıkan tohum filizlerinin tüketimi; başta buğday, nohut, mercimek, fasulye, arpa, karabuğday, amarant ve kinoa gibi tahıllar olmak üzere, baklagiller yaygın bir biçimde çimlendirilerek birçok mutfak kültüründe kullanıldığı bilinmektedir (Efliyok & Bozokalfa, 2002). Son yıllarda katkısız, doğal, besleyici ve sağlıklı gıdalara yönelim batı dünyasında oldukça yaygınlaşmıştır (Finnie vd., 2019). Tohumların çimlendirilmesi ile besin içeriğinde önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Çimlenme sırasında anti besinsel bazı bileşikler, serbest amino asitler-proteinler, besinsel lif ve fonksiyonel özelliklere ek sindirilebilirlik artarken; karbonhidrat, yağ miktarını ve glisemik indeksi azalabilmektedir (Okur & Madenci, 2019). Oluşan bu değişikliklerin beslenme önemli olup vitamin, mineral, enzimler ve antioksidan maddelerin bazı hastalıklara karşı da koruyucu etki oluşturduğu bilinmektedir (Kılınçer & Demir, 2019). Günümüzde en çok yonca, soya fasulyesi ve brokoli gibi ürünlerin kullanımı dikkat çekmektedir. Brokoli (*Brassicaceae* veya *Cruciferae*), çimlendirilerek tüketilen bitkisel ürünler içerisinde fonksiyonel özelliklerinden dolayı önemli bir kaynak olarak görülmektedir (Yetim vd., 2010). İçeriğinde antioksidan özelliğe sahip selenyum elementi ve antikanserojenik özellik taşıyan izotiyosiyanat gibi bileşikler bulundurmasından dolayı sağlıklı gıdalar arasında değerlendirilmektedir (Vig vd., 2009).

Tohumların çimlenebilmesi için su, oksijen, sıcaklık ve ışık gibi belirli şartların olması gerekmektedir. Nem ve sıcaklık, en önemli kriterler arasında sayılmaktadır. Çimlendirme işlemi, toprak altı ile benzer koşullar sağlanarak gerçekleştirilmektedir. Bu işlem genellikle modern iklimlendirme kabinlerinde yapılmakta olup, evde basit yöntemlerle de uygulanabilmektedir (Akgün, 2018a). Çimlendirme işlemi uygulanmış tohumlar genellikle "filiz" olarak adlandırılmaktadır. Çalışmalarda ıslatma ve çimlendirme uygulamaları için suyun tercih edildiği bildirilmiştir (Finnie vd., 2019). Çünkü tohumlar su aldıkça, solunum, protein sentezi ve diğer biyokimyasal olaylar oluşmaya başlamaktadır. Tohumların çimlenmesi esnasında su alması canlılığı sağlayarak enzimlerini aktifleştirmekte; tüketilebilirliğin belirteci olarak, katalaz, peroksidaz, fenolaz ve dehidrogenaz miktarları değişmektedir (Akgün, 2018b). Aynı zamanda fitik asiti parçalayabilen fitaz enzimi gibi yapıların gıdada bulunması, sindirilebilirliği

olumlu (Demir, B2, C ve E vitamini içeriklerinde ve antioksidan aktivitesi) ya da olumsuz (çinko, demir, kalsiyum, magnezyum ve bakır gibi minerallerin, protein emilimi) yönde etkilediği için çimlenen ürünler tercih edilir hale gelmiştir (Okur & Madenci, 2019; Kusvuran, 2021).

Çimlendirme gibi pişirme ve depolama süreci de birçok faktörden etkilenmektedir. Pişirme ve depolama koşulları süresince kullanılan gıda ekipmanlarının içeriğine göre ağır metal gibi maddelerin geçişinin olduğu da bilinmektedir (Teyin & Nizamlihoğlu, 2020). Genel olarak madde geçişi alüminyum ve demir gibi ekipmanlarda daha yüksek seviyede iken, depolama esnasında adsorbsiyona bağlı madde geçişinin pişirmeye kıyasla daha düşük seviyelerde olduğu söylenebilir (Ogidi vd., 2017). Sağlık açısından alüminyum, demir, plastik gibi kaplarda geçiş gıda türüne göre farklılık göstermektedir: İzin verilen miktar ülkelere göre değişmekte olup minimum 0.02-1.00 mg/kg aralığında olması gerekmektedir (Türk gıda kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğ, 2008). Bu geçiş sadece pişirmede ve saklamada uygulamalarında olduğu gibi çimlendirme esnasında da oluşabilmektedir. Çimlenme sırasında kullanılan kapların türüne göre yapılarında bulunan bileşenler nedeniyle Bisferol A salınımı ve metal toksisitesi gibi etkiler oluşabilmektedir (Özkutlu, 2021; Saxena vd., 2021). Bu yüzden gıdaların uygun ortamda çimlendirilmesi gerekmektedir.

Beslenme çalışmalarında besinlerin hedef/hedef olmayan canlılar üzerinde sağlık açıdan etkisi çeşitli şekillerde modellenmeler ile çalışılmakta, böylece olası tahminler üzerinden çıkarımlar yapılmaktadır (Güneş & Danacıoğlu, 2018). Kısa gelişme biyolojisine sahip ve sindirim modeli olarak kullanılan *Drosophila melanogaster* (Meigen), besin içeriği değiştirilerek tüketime bağlı; yaşama-gelişme, ömür uzunluğu, cinsiyet ve cinsiyete göre farklılıklar, serbest radikaller ve antioksidan sistemin etkisi gibi birçok çalışmada kullanılan bir canlıdır (Çetinkaya & Yurtsever, 2021).

Böcekler bir maddenin letal ya da subletal dozlarına veya konsantrasyonlarına maruz kaldıkları zaman hayatta kalan bireylerde ya da popülasyonlarda birçok fizyolojik, demografik ya da davranışsal etkiler görülmektedir (De Franca vd., 2017). Bu etkiler; yaşam süresi, gelişme oranları, popülasyon büyüklüğü, fertilité, yumurta verimi, eşey oranları ve davranışlarda değişiklikler, deformasyonlar, besin ve ovipozisyon alanları arama, beslenme ve ovipozisyon süresinde

kısaltmalar şeklinde ortaya çıkabilmektedir (Kaydan & Sulanç, 2020). Organizmanın beslenmesi ile ilişkili olan faktörler, bireylerin bir sonraki kuşağa verimli döl aktarımını ve eşeyli seçilimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca beslenmeye bağlı canlıların vücut büyüklüğü; dişinin yumurta üretim potansiyelini, eşleşme başarısını ve ömür uzunluğunu belirlediği için önemli bir uyum bileşeni olarak kabul edilmektedir (Şahin & Keçeci, 2021). Çalışmada, farklı ortamda çimlendirilmiş brokoli filizinin canlı ağırlığı, yaşama-gelişim ve yumurta verimi açısından fonksiyonel etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

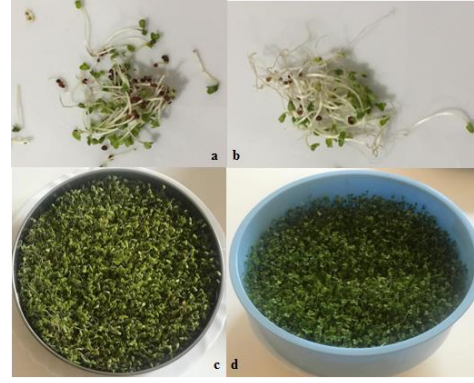
2. Materyal ve metod

2. Material and method

2.1. Materyal ve böcek kültürü

2.1. Material and insect culture

Ticari olarak 2019 yılında temin edilen Brokoli tohumu (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) iki farklı ortamda çimlendirilerek deney düzeneğine eklenmiştir. Deneylerde kullanılan sinek White tip (*D. melanogaster*; W¹¹¹⁸) olup: Şeker, patates püresi, agar ve mayadan oluşan standart besin (SB) içerisinde 2014'ten beri kültüre edilmektedir. Sinek kültürü 25 ± 1°C ve 50%-60% nem olan 12/12 ışık/karanlık döngüsü bulunan inkibatörde (Nüve ES120) koşullarında yetiştirilmektedir. Brokoli tohumu çimlenmeleri için 24 saat suda ıslatılıp süzöldükten sonra metal (BM) ve plastik (BP) eleklerde üstü kapalı ve karanlık bir ortama bırakılmıştır (Şekil 1). Çimlenmeye başlayan bitkiler küflenmemeleri için 5 gün sonunda boyları 10-20 mm civarında olduklarında hasat edilmiştir (Yetim vd., 2010). Yapılan önceki çalışmalar temel alınarak 2 gr/100 ml BM ve BP sıvı azot kullanılarak havanda ezilmiş, soğumaya başlayan 25 ml SB'nin %30'u kadar ilave edilmiştir (Baenas vd., 2016). Böylece deneme desenine ait 3 beslenme grubu oluşturulmuştur (SB, BM, BP): Birinci grup olan kontrol grubunda sadece 25 ml SB varken, ikinci grup olan BM grubunda BM'de çimlendirilen filizlerden %30 oranında SB'ne eklenmiş, BP grubu olan üçüncü grupta ise BP'de çimlendirilen filizlerden %30 oranında SB'ne eklenerek oluşturulmuştur. Deneylerde kontrol grubu olarak SB'li bir grup da dahil edilmiş, ayrıca besinler 3-4 günde bir tazelenmiştir.



Şekil 1. Farklı ortamda çimlendirilen brokoliler: Metal kapta (a-b), Plastik kapta (c-d).

Figure 1. Broccoli germinated in different media: In metal pot (a-b), in plastic pot (c-d).

2.2. Deneme deseni

2.2. Trial pattern

Aynı yaşta bireyler elde edilerek deneye başlanması için kültürden 25 erkek/ 25 dişi alınmış, bir gün boyunca çiftleşmeleri için 25 ml SB bulunan şişeye alındıktan sonra bireyler yumurtlamalarını takiben morga alınmışlardır. Yumurtlamadan sonraki 24 saat içerisinde ilk larvalar toplanarak her bir deney şişesi için 100 adet birinci evre larvası deneme desenine aktarılmıştır.

Böceğin yaşama süresi ve gelişim oranı analizi:

Deney tüplerindeki larvalar 12 saatte bir kontrol edilerek üçüncü evreye ulaşma süresi (ortalama gelişme süresi: toplam üçüncü evre larvalarının besin yüzeyinde görüldüğü gün-birinci evre larvalarının besine görüldüğü gün/ toplam larva sayısı) ve yaşama oranı (aşılana birinci evre larvalarının üçüncü evreye ulaşan toplam larva sayısına oranı, %) raporlanmıştır (Ortalama gün sayısı: -ekim günü 3. evreye ulaşan larva sayısı; yaşama oranı: aşılana larva sayısına üçüncü evreye ulaşan toplam larva sayısına oranı %). Gözlemler bütün pupa ve yetişkin bireylerin yaşama oranı ve gelişim süresi için de larvada olduğu gibi yapılmıştır.

Eşey oranı ve böcek ağırlıkları (mg/birey):

Erginleşen bireylerin mikroskop altında cinsiyet tayini yapılarak yüzdelik oranları hesaplanmıştır. Dişi ve erkek bireylerin ağırlıklarının hesaplanmasında, yetişkin olduktan bir gün sonrasında soğuk anestezi altında baş ve vücut ağırlıkları (toplam vücut) beşli gruplar halinde 1 µg hassasiyetle dijital terazide tartılarak birey sayısına bölünmüştür (Halmenschelager & Rocha, 2019).

Dişi bireylerin yumurta verimi (toplam yumurta/gün/dişi): Yumurta verimi için deneme deseni ile erginleştirilen bakire dişiler (her grup için 20 adet) 2 gruba ayrılmış; bir grup sürekli aynı sayıda erkeklerle çiftleştirilirken, diğer grup çiftleştirilmemiş, günlük iki grubun da yumurtaları sayılarak bireyler yeni tüpe aktarılmıştır. Bu işlem 10 gün boyunca devam edilmiştir. Dişi sinek başına düşen yumurta verimi için sayılan toplam yumurta/toplam gün/dişi sayısına göre hesaplama yapılmıştır.

3. Bulgular

3. Results

Brokoli filizi ile beslenen *D. melanogaster*'in yaşama süresi, gelişim ve eşey oranına etkisi

Tablo 1. Brokoli ile beslenen *D. melanogaster* larvalarının yaşama süresi, gelişim ve eşey oranına etkisi
Table 1. The effect of *D. melanogaster* larvae fed with broccoli on life span, development and sex ratio

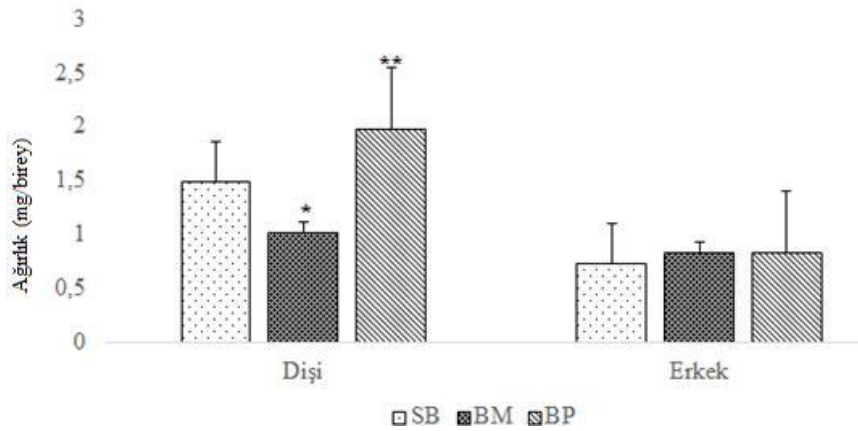
gr/L	3.evreye ulaşan larva oranı (%) (Ort. ± S.H)†	3.evreye ulaşma süresi (gün) (Ort. ± S.H)†	Pup olma oranı (%) (Ort. ± S.H)†	Pup olma süresi (gün) (Ort. ± S.H)†	Ergin olma oranı (%) (Ort. ± S.H)†	Ergin olma süresi (gün) (Ort. ± S.H)†	Eşey oranı (%) Dişi /Erkek (Ort.± S.H)†
SB	100 ± 0.86*	4.2 ± 0,08*	90 ± 0.86**	5.4 ± 0.17*	90 ± 0.86*	9.0 ± 0.08*	55/45 ± 0.8/0.8*
BM	96 ± 0.86*	8.1 ± 0,12**	84 ± 0.86*	9.5 ± 0.08**	60 ± 0.86***	13.8 ± 1.16**	50/50 ± 0.8/0.8*
BP	100 ± 0.86*	9.2 ± 0,08***	100 ± 0.86***	11.2 ± 0.08***	70 ± 0.86**	15.3 ± .12***	28/72 ± 0.8/0.8**

Ort. : Dört tekrarın ortalaması, her bir tekrar için 100 larva kullanıldı. † Aynı sütunda aynı * değerler birbirinden farklı değildir; *, **, ***'dan istatistiki olarak farklıdır (p< 0.05); df=11; p<0.05 (Duncan testi, LSD Testi); SB Kontrol besini; BM metal elekte çimlendirilen brokoli ile besleme; BP plastik elekte çimlendirilen brokoli ile besleme; S.H. standart hata.

Brokoli filizleri BM ve BP kaplar içerisinde çimlendirildi; bu filizler ile beslenen dişi ve erkek bireylerin ağırlıkları Şekil 2'de görülmektedir. BP ile beslenen dişi bireylerin kontrole kıyasla daha ağır oldukları gözlemlenmiştir (1.97±0,01;

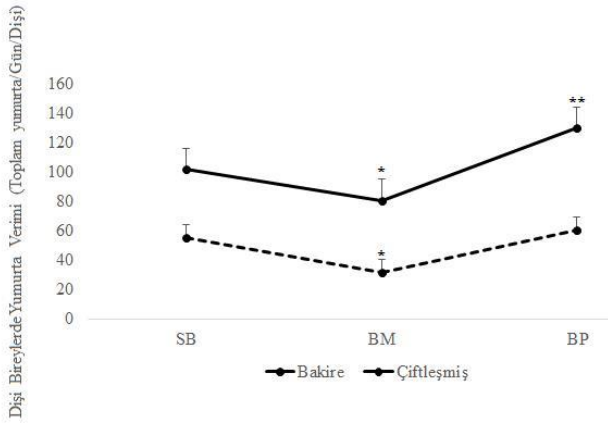
incelendiğinde BP ile beslenen canlıların larval gelişimlerinin BM ile beslenen bireylere oranla normale daha yakın olduğu görülmüştür (%100; F=4.76, Tablo 1). Beslenme materyaline bağlı olarak pup olma oranı en düşük BM ile beslenen bireylerde olduğu, ergin olmada ise yine aynı grupta en az yaşama oranına sahip olduğu belirlenmiştir (sırasıyla %84 ve %60). Gruplar arasındaki gelişim süreleri kıyaslandığında BP ile beslenen bireyler yaklaşık 15 günde erginleşerek diğer gruplara oranla daha uzun sürede gelişme göstermişlerdir (SB<BM<BP). Eşey oranları dikkate alındığında BP ile beslemenin cinsiyet oranlarını kontrolün tersi şekilde değiştirerek etkili olduğu söylenebilir (Tablo 1, p<0.05; F=4.76).

p<0.05). Erkek bireylerin ağırlıklarında ise uygulamalarda istatistiki olarak bir miktar artış olduğu, fakat kaplar arasında farklılık olmadığı söylenebilir.



Şekil 2. Böcek ağırlıkları (Şekilde istatistiki farklılıklar gösterilmiş olup; * ve ** birbirinden farklıdır (p< 0.05))

Figure 2. Insect weights (Statistical differences are shown in the figure; * and ** are different from each other (p< 0.05)).



Şekil 3. Dişi bireylerde yumurta veriminin zamana göre değişimi (Şekilde sadece istatistiki farklılıklar belirtilmiş olup; * ve ** birbirinden farklıdır ($p < 0.05$))

Figure 3. Variation of egg production according to time in female individuals (Only statistical differences are indicated in the figure; * and ** are different from each other ($p < 0.05$))

Bakire dişiler ortalama 60.5 ± 0.01 yumurta bırakırken BP ile beslenen bireylerin benzer sonuçlara sahip olduğu, fakat BM'nin yumurta verimini azalttığı belirlenmiştir (31.5 ± 0.02 ; $p < 0.05$). Brokoli filizleri ile beslenen çiftleşmiş dişi bireyler kontrole kıyasla 1,2 kat yumurta veriminin arttığı, BM'de ise 1,2 kat azaldığı belirtilmiştir (Şekil 3). Yumurta verimi için çiftleşmiş ve BP ile beslemenin verimini arttırdığı söylenebilir ($p < 0.05$).

4. Tartışma

4. Discussion

Çimlendirilmiş brokoli filizi; amino asitler, protein ve antioksidanlar, kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir, potasyum ve çinko gibi mineraller, A, B, C, E ve K vitaminler açısından kaliteli bir besin kaynağıdır (Ohanenye vd., 2020). Bu bağlamda, son yıllarda filizler, fonksiyonel özellikleri nedeniyle tüketicilerin ilgisini çekmiş ve sağlıklı bir gıda olarak popülerlik kazanmıştır. Ayrıca tohum filizleri zengin besinsel içeriği nedeniyle sağlık açısından önemli görülen gıdalardandır (Sahai & Kumar, 2020). Literatürlerde 3-7 günlük brokoli tohum filizlerinin ışıktaki üretilerek kullanılması (Moreno vd., 2010) aynı yöntem uygulanarak farklı çimlenme ortamı etkilerinin gözlenmesi çalışmamıza yön vermiştir. Çünkü ışıktaki çimlenen filizlerin yüksek düzeyde C vitamini (%83), glukozinotlar (%33) ve fenolik bileşikler (%61) içeriğine sahip olarak oksidatif strese karşı da önemli bir koruma oluşturduğu düşünülmektedir (Gawlik-Dziki vd., 2012). C vitamini meyve sineğinin beslenmesinde olmazsa

olmazlar arasındadır. Beslenmede C vitamini yetersizliği larval gelişimde ve üreme veriminde düşüşe neden olmaktadır (Rockstein, 2012). Depolamada kullanılan malzemenin C vitaminine etkisi; metal kutularda saklanan meyve sularının askorbik asit miktarında oluşan kayıpların plastik kutulardaki meyve sularının askorbik asit miktarında oluşan kayıplardan daha az olduğu bilinmektedir (Bozkurt, 2014). Çalışmada BM ile beslenen bireylerde yaşama oranı azalırken (%60) gelişme süresinin yaklaşık 4 gün uzadığı, BP ile beslenen bireylerde ise yaşama oranı SB'ne kıyasla önemli derecede azalırken BM'ye kıyasla bu oranın arttığı (%70) gelişme süresinin ise 15 gün kadar uzun bir süreye yayıldığı belirlenmiştir (Tablo 1). Çünkü BP'nin canlı metabolizmasını BM'ye oranla daha fazla etkilediği düşünülmektedir. Plastik kaplar ile beslenme uygulanan araştırmalarda plastiğin; farelerde bağışıklık sistemini etkilemesi (Frick vd., 2006), solucanları strese sokması ve bu sebeple enzim aktivitesini artırması, solucanların bağırsaklarında histopatolojik zararlara sebep olması gibi sonuçlar çalışmada BP'nin etkilerini desteklemektedir (Rodriguez-Seijo vd., 2017). Fakat depolama kaplarında bulunan alüminyumun böceklerin bağışıklık sistemini baskılayarak gelişimi olumsuz etkilediği, ağırlık ve eşey oranında değişikliğe neden olmadığı bilinmektedir (Özalp vd., 2020). Brokolide her ne kadar böcek gelişimi açısından yararlı olan E ve C vitamini fazla olsa da: alüminyum-çinko-selenyum gibi bileşikler toksik etki gösterebilmekte, sinekler ise çinko ve selenyuma karşı direnç oluşturabilmektedir (Suslow & Cantwell, 2010).

Üretim ve depolama esnasında süre, ortam ve temas edilen maddelerin etkisi ile gerçekleşen buharlaşma ve solunum gibi metabolik işlevler gıdanın içeriğini değiştirerek vitamin, antioksidan ve mineral kayıplarına sebep olmaktadır (Rubim vd., 2013). Çalışmada BP ile beslenen dişi bireylerde ağırlık artışı görülürken, BM ile beslenen bireylerde ise tersi etki belirlenmiştir (Şekil 2). Ağırlık artışının/azalışının sebebi BM'nin böcek besinin geçişinin beslenmeyi olumsuz yönde etkilemesi ve böceklerin besinden kaçınmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir. Besin içeriği ve depolanma koşulları *Drosophila*'nın maksimum vücut ve yumurtalık boyutunu değiştirebilmektedir (Rodrigues vd., 2015).

Canlıların yaşam boyu ve günlük yumurta verimi, dişinin yaşı ve yaşlanma hızı, ömür uzunluğu ve yumurtlaya bildiği gün sayısı gibi etkenlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Güneş &

Danacıoğlu, 2018) Çalışmada kontrole kıyasla çiftleşen ve çiftleşmeyen bireylerde BP ile besleme benzer olarak yumurta verimini arttırmış, BM ise verimi azaltmıştır (Şekil 3). Dört çeşit çimlendirilmiş pirinç ile kek yapılmış, *D. melanogaster* üzerinde antioksidan ve mutajenik etkisi test edilmiş; örneklerin çoğunun mutajenik olmadığı, kullanılan tatlıda, çoklu doymamış yağ asit içeriğinin yüksek olması organizmada serbest radikal oluşumuna sebep olabileceği ifade edilmiştir (Kaewchum & Kangsadalampai, 2011). Çeşitli metaller ve kimyasal uygulamaları yumurta sarısı proteinlerinden olan vitellojen sentezinin engellenmesinden dolayı *D. melanogaster*'de yumurta veriminde azalmaya sebep olmaktadır (Morefield vd., 2005). Plastik ve metal kapların canlı eşey oranına etkisi incelendiğinde, BP ile beslenen erkek bireyler lehine olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 1). Anne beslenmesinin yavrulara etkisinden dolayı BM'nin dişi bireylerde daha fazla etki gösterdiği düşünülmektedir (dişi<erkek) (George & Jacobs, 2019). Yumurta veriminin de değişmesi çalışma verilerinin birbirini destekler nitelikte olduğunu göstermektedir. Ayrıca brokolide bulunan selenyum *D. melanogaster*'in karbonhidrat oranının değişmesini sağlayarak, yumurta veriminin azalmana sebep olmaktadır. Çünkü böceğin karbonhidrat miktarı fazla olduğunda yumurta veriminin arttığı bilinmektedir (Rodrigues vd., 2015). Ayrıca brokolide bulunan alüminyum gibi metaller sineğin yumurta veriminde değişime sebep olması bu çalışma ile benzerlik göstermektedir (Ayar vd., 2012). Ortamda bulunan ve depolama amacıyla kullanılan metaller *Drosophila* eşey oranına etkisi farklı olabilmektedir (Karataş & Bahçeci, 2010). Bireyler arasında gözlenen bu farklılık çevresel faktörler, kimyasallar ve besin içeriğinin cinsiyetler üzerinde bıraktığı etkiye bağlı olarak değişmektedir (Koç & Gülel, 2006). BP ile beslenen dişilerin yumurta verimi ve yaşama gelişimin ilk evrelerinde görülen olumlu etkinin brokolide bulunan fenolik bileşenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü brokolinin çimlendirilmesi ile flavonoid içeriğinin 2-3 kat ve glukozinolat içeriğinin 2 kat azaldığı; fenolik asit içeriklerinin 2-6 kat arttığı; fenolik bileşenler böceğin aldığı toksik etkiyi engellenmiş olabilir (Pérez-Balibrea vd., 2011). Fakat BM ile metal geçişi nedeniyle olumsuzluğun azaltılması sağlanamamıştır.

5. Sonuçlar

5. Conclusions

Tohum filizleri beslenmede fonksiyonel özellikleri ve antioksidan olarak kullanımlarından dolayı

tercih edilen önemli gıda kaynaklarındandır. Canlılar üzerinde pozitif etkilerinin olduğu bilinen tohum filizlerinin, çimlendirme koşulları ve tohum özelliklerinin canlıyı nasıl etkilediği temel amacıyla yapılan çalışmada; genel olarak BM ve BP eleklere çimlendirilen brokoli, model organizmanın yaşama oranını ergin dönemde azalttığı, gelişim süresini arttırdığı, eşey oranını değiştirdiği, ağırlık ve yumurta verimi arttırdığı bulunmuştur. Deney grupları kıyaslandığında BP'nin daha kullanılabilir olduğu kanaatine varılmıştır. Fakat çimlendirilen bitkisel ürünlerin insan beslenmesinde kullanımı ile ilgili çıkarımlar yapılabilmesi için, bitkisel ürünlere metal geçişinin belirlenmesi gibi daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Teşekkür

Acknowledgement

Makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı editör ve hakem/hakemlere teşekkür ederiz.

Yazar katkısı

Author contribution

Çalışmanın dizaynı, yazım, deneylerin yürütülmesi dahil her aşamada yazarlar tarafından ortak ve eşit katkı sağlanmıştır.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

References

- Akgün, İ., Ayata, R., & Karaman, R. (2018a) Buğday (*Triticum aestivum* L.) çim suyunun tohum çimlenmesi üzerine etkisi. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(4), 19-24.
- Akgün, İ., Ayata, R., Karaman, R., & Karaca, G. (2018b). Effect of wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) juice on seedling growth and rhizoctonia solani on corn. *Scientific Papers Series A. Agronomy*, 61(1), 149-154.

- Ayar, A., Uysal, H., Altun, D., & Semerdöken, S. (2012). Bir çeşit adjuvan olan potasyum alümin *Drosophila melanogaster* (meyve sineği)'in yumurta verimi ve çeşitli gelişimsel özellikleri üzerine etkisi. *Tübbav Bilim Dergisi*, 5(1), 1-8.
- Baenas, N., Piegholdt, S., Schloesser, A., Moreno, D. A., García-Viguera, C., Rimbach, G., & Wagner, A. E. (2016). Metabolic activity of radish sprouts derived isothiocyanates in *Drosophila melanogaster*. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(2), 251. <https://doi.org/10.3390/ijms17020251>
- Bozkurt, D. (2014). Soğuk plazma uygulamasının vitaminler ve polifenol oksidaz (pfo) enzimi aktivitesi üzerine etkisi. [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Çetinkaya, A. Y., & Yurtsever, S. (2021). Somatic mutations and recombination test in *Drosophila melanogaster* used for investigating the genotoxicity of some food additives. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 5(1), 65-73. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2021.1.9>
- De França, S. M., Breda, M. O., Barbosa, D. R. S., Araujo, A. M. N., & Guedes, C. A. (2017). The sublethal effects of insecticides in insects. In: V.D.C. Shields (Ed.), *Biological Control of Pest and Vector Insects*, IntechOpen, London, (pp. 23-39).
- Efliyok, D., & Bozokalfa, M. K. (2002). Sebze olarak kullanılan çimlendirilmiş tohumlar. *Dünya Gıda Dergisi*, 6, 84-88.
- Frick, C., Dietz, A. C., Merritt, K., Umbreit, T. H., & Tomazic-Jezic, V. J. (2006). Effects of prosthetic materials on the host immune response: evaluation of polymethyl methacrylate (pmma), polyethylene (pe), and polystyrene (ps) particles. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 16(6), 423-433. <https://doi.org/10.1615/JLongTermEffMedImplants.v16.i6.20>
- Finnie, S., Brovelli, V., & Nelson, D. (2019). Sprouted grains as a food ingredient. In *Sprouted Grains* (pp. 113-142). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00006-3>
- Gawlik-Dziki, U., Jeżyna, M., Świeca, M., Dziki, D., Baraniak, B., & Czyż, J. (2012). Effect of bioaccessibility of phenolic compounds on in vitro anticancer activity of broccoli sprouts. *Food Research International*, 49(1), 469-476. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.010>
- George, J., & Jacobs, H. T. (2019). Minimal effects of spargel (PGC-1) overexpression in a *Drosophila* mitochondrial disease model. *Biology Open*, 8(7). <https://doi.org/10.1242/bio.042135>
- Güneş, E., & Danacıoğlu, D. A. (2018). The effect of olive (*Olea europaea* L.) phenolics and sugar on *Drosophila melanogaster*'s development. *Animal Biology*, 68(4), 367-385. <https://doi.org/10.1163/15707563-17000162>
- Halmenschelager, P. T., & Da Rocha, J. B. T. (2019). Biochemical cuso 4 toxicity in *Drosophila melanogaster* depends on sex and developmental stage of exposure. *Biological Trace Element Research*, 189(2), 574-585. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1475-y>
- Kaewchum, R., & Kangsadalampai, K. (2011). Effect on urethane induced mutagenicity in *Drosophila melanogaster* of different germinated unpolished rice and the thai desserts made from them. *Thai Journal of Toxicology*, 26(2), 71-71.
- Karataş, A., & Bahçeci, Z. (2010). Sodyum arsenit ve krom klorürün (iii) *Drosophila melanogaster*'in eşey oranı ve bazı gelişimsel özellikleri üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(2), 102-111.
- Kaydan, B. N., & Sulanç, M. (2020). Farklı kadmiyum ve kurşun oranlarının ergin *Pimpla turionellae* L.(Hymenoptera: ichneumonidae)'nin yumurta üretimi ve açılımı üzerine etkileri. *Karaelmas Science & Engineering Journal*, 10(2), 142-150. <https://doi.org/10.7212/zkufbd.v10i2.1566>
- Kılınçer, F. N., & Demir, M. K. (2019). Çimlendirilmiş Bazı Tahıl ve Baklagillerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Gıda*, 44(3), 419-429. <https://doi.org/10.15237/gida.GD19019>
- Koç, Y., & Gülel, A. (2006). Fotoperiyot ve besin çeşidinin *Drosophila melanogaster meigen*, 1830 (Diptera: Drosophiladae) un gelişim süresi, ömür uzunluğu, verim ve eşey oranına etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 204-212.
- Kusvuran, S. (2021). Microalgae (*Chlorella vulgaris* beijerinck) alleviates drought stress of broccoli plants by improving nutrient uptake, secondary metabolites, and antioxidative defense system. *Horticultural Plant Journal*, 7(3), 221-231. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2021.03.007>
- Morefield, G. L., Sokolovska, A., Jiang, D., HogenEsch, H., Robinson, J. P., & Hem, S. L. (2005). Role of aluminum-containing adjuvants in antigen internalization by dendritic cells in vitro. *Vaccine*, 23(13), 1588-1595. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2004.07.050>
- Moreno, D. A., Pérez-Balibrea, S., Ferreres, F., Güzquiedo, A., & Gare A-Viguera, C. (2010). Acylated anthocyanins in broccoli sprouts. *Food*

- Chemistry, 123, 358-363.
https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.044
- Ogidi, M., Sridhar, M. K. C., & Coker, A. O. (2017). A follow-up study health risk assessment of heavy metal leachability from household cookwares. *Journal of Food Science and Toxicology*, 1(1), 3.
- Ohanenye, I. C., Tsopmo, A., Ejike, C. E., & Udenigwe, C. C. (2020). Germination as a bioprocess for enhancing the quality and nutritional prospects of legume proteins. *Trends in Food Science and Technology*, 101, 213-222.
https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.003
- Okur, B., & Madenci, A.B. (2019). Çiğ Beslenme (Raw Food) Akımında Çimlendirilmiş Hububat ve Baklagillerin Önemi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7(1), 664-675.
https://doi.org/10.21325/jotags.2019.384
- Özalp, P., Kara., A., & Tunçsoy, B. (2020). Alüminyum oksit'in *Galleria mellonella* L.(Lepidoptera: Pyralidae) larvalarında total hemosit sayıları üzerine etkileri. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(Suppl 1), 195-198.
https://doi.org/10.46239/ejbcs.820690
- Özkutlu, F. (2021). Kadmiyum (cd) ve NaCl uygulamalarının brokolide (*Brassica oleracea* var. *italica*) kuru madde miktarı ve besin elementi içeriğine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(1), 77-84.
https://doi.org/10.30910/turkjans.712033
- Pérez-Balibrea, S., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2011). Genotypic effects on the phytochemical quality of seeds and sprouts from commercial broccoli cultivars. *Food Chemistry*, 125(2), 348-354.
https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.004
- Rockstein, M. (Ed.). (2012). *Biochemistry of Insects*. Elsevier.
- Rodrigues, M. A., Martins, N. E., Balancé, L. F., Broom, L. N., Dias, A. J., Fernandes, A. S. D., & Mirth, C. K. (2015). *Drosophila melanogaster* larvae make nutritional choices that minimize developmental time. *Journal of Insect Physiology*, 81, 69-80.
https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.07.002
- Rodriguez-Seijo, A., Lourenço, J., Rocha-Santos, T. A. P., Da Costa, J., Duarte, A. C., Vala, H., & Pereira, R. (2017). Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* bouché. *Environmental Pollution*, 220, 495-503.
https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.092
- Rubim, R. F., Freitas, S. D. P., Vieira, H. D., & Gravina, G. A. (2013). Physiological quality of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) seeds stored in different containers and environmental conditions. *Journal of Seed Science*, 35(3), 24-28.
- Sahai, V., & Kumar V. (2020). Antidiabetic, hepatoprotective and antioxidant potential of *Brassica oleracea* sprouts. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 101623.
https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101623
- Saxena, S., Saini, S., Samtiya, M., Aggarwal, S., Dhewa, T., & Sehgal, S. (2021). Assessment of Indian cooking practices and cookwares on nutritional security: A review. *Journal of Applied and Natural Science*, 13(1), 357-372.
- Suslow, T., & Cantwell. M. (2010). Seed sprouts produce facts. recommendations for maintaining postharvest quality. (<http://Postharvest.Ucdavis.Edu/Produce/Producefacts/Veg/Seedsprouts.Shtml>)
- Şahin, S. S., & Keçeci, M. (2021). Insektisitlerin böcekler üzerindeki subletal etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 116-124.
https://doi.org/10.19159/tutad.774385
- Teyin, G., & Nizamlıoğlu, H. F. (2020). Mutfaklardaki ağır metal kontaminasyonları: pişirme ekipmanları (Heavy metal). *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 8(2), 1578-1591.
https://doi.org/10.21325/jotags.2020.622
- Türk gıda kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğ 2008/26. (2008) *T.C. Resmi Gazete*.
https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/05/20080517-7.htm. Erişim Tarihi: 16.05.2021
- Vig, A.P., Rampal, G., Thind, T.S., & Arora, S. (2009). Bio-protective effects of glucosinolates—a review. *LWT-Food*, 42(10), 1561-1572.
https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.023
- Yetim, H., Törnük, F., Öztürk, İ., & Sağdıç, O. (2010). Yenilebilir tohum filizlerinin mikrobiyal güvenliği. *Akademik Gıda*, 8(2), 18-23.