



## Bombus Arılarında Polen Tercihi

Anıl AKÇAY\*<sup>1</sup>, Cengiz ERKAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 65080, Van, Türkiye

Anıl AKÇAY, ORCID No: [0000-0002-8046-1186](https://orcid.org/0000-0002-8046-1186), Cengiz ERKAN, ORCID No: [0000-0003-3510-2800](https://orcid.org/0000-0003-3510-2800)

### MAKALE BİLGİSİ

### ÖZ

#### Araştırma Makalesi

Çalışma 13. Ulusal Zootekni Bilim Kongresinde (2023) sözlü olarak sunulmuş, Bildiri Kitabında sadece özet şeklinde basılmıştır.

Geliş: 22.11.2024

Kabul: 01.12.2024

#### Anahtar Kelimeler

*Bombus terrestris*  
Polen tercihi  
Haşhaş poleni  
Ayçiçeği poleni  
Şurup  
Perga

#### \* Sorumlu Yazar

anil.akcay@hotmail.com

Çalışmada, *Bombus terrestris* arılarının farklı içerik ve orjine sahip polenleri tüketim tercihleri incelenmiştir. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Arıcılık Araştırma Merkezi'nde yürütülen denemede, haşhaş ve ayçiçeği polenlerinin şurup ile karıştırılmış formları ile pergaları hazırlanarak onar adet mikro bombus kolonisi beslenmiştir. 20 gün sonundaki besin tüketim miktarları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre haşhaş şurup (HŞ), haşhaş perga (HP), ayçiçeği şurup (AŞ) ve ayçiçeği perga (AP) olarak oluşturulan besinler içerisinde en fazla tüketimin HŞ grubunda olduğu belirlenmiş, verilere uygulanan Araştırma sonuçlarına göre haşhaş şurup (HŞ), haşhaş perga (HP), ayçiçeği şurup (AŞ) ve ayçiçeği perga (AP) muamele grupları için besin tüketim ortalamaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre *Bombus* işçi arılarının en fazla besin tüketiminin HŞ grubunda olduğu belirlenmiştir. Polen (% protein-yağ) içeriklerinin de değerlendirmeye alındığı çalışmadan elde edilen bulgulara göre protein içeriğinin bombus arılarının besin tüketim tercihlerini değiştirdiği ortaya çıkmış ve kolonilerin beslenme stratejilerinin geliştirilmesinde bu bilginin kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

## Pollen Preference in Bumblebees

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Research Article

The study was presented as oral presentation at the 13th National Animal Science Congress (2023) and was published only as an abstract in the Proceedings Book.

Received : 22.11.2024

Accepted : 01.12.2024

#### Keywords

*Bombus terrestris*  
Pollen preference  
Poppy pollen  
Sunflower pollen  
Syrup  
Perga

#### \* Corresponding Author

anil.akcay@hotmail.com

The study examined the feeding preferences of *Bombus terrestris* bees for pollen with different compositions and origins. In the experiment conducted at Van Yüzüncü Yıl University Beekeeping Research Center, micro-colonies of ten bumblebees each were fed with poppy and sunflower pollen mixed with syrup and prepared as perga. The amount of food consumed after 20 days was determined. According to the results, among the dietary groups of poppy syrup (PS), poppy perga (PP), sunflower syrup (SS), and sunflower perga (SP), the highest consumption was observed in the PS group. Statistical analysis revealed significant differences in the average food consumption among the treatment groups ( $p < 0.05$ ). The Duncan multiple comparison test showed that worker bumblebees had the highest food consumption in the PS group. Findings from the study, which also evaluated the protein and fat contents of the pollen, demonstrated that protein content influenced the feeding preferences of bumblebees. This information could be utilized in developing nutritional strategies for bumblebee colonies.

Lütfen aşağıdaki şekilde atıf yapınız / Please cite this paper as following;

Akçay, A., Erkan, C., 2024. Bombus arılarında polen tercihi, Journal of Animal Science and Products (JASP) 7 (2):112-120.

DOI: [10.51970/jasp.1589874](https://doi.org/10.51970/jasp.1589874)



## Giriş

Çiçekli bitkilerin büyük bir kısmı üreyebilmek için tozlaşmaya ihtiyaç duymaktadır. Basit anlamda bitkilerin üremesini sağlamak için polenlerin aktarım işlemi olarak tanımlanabilen tozlaşma, olgun anterden polenlerin alıcı stigmaya taşınması esasına dayanır (Kevan ve Baker, 1983; Klein ve ark., 2007; Garibaldi ve ark., 2013; Halder ve ark., 2019; Omar ve ark., 2021; Elisante ve ark., 2020. Kuşlar, böcekler, su ve rüzgar gibi biyotik ve abiyotik araçlar tarafından gerçekleştirilen bu olay sayesinde bitkisel üretimin miktarı ve kalitesi artmaktadır (Kevan ve Baker, 1983; Klein ve ark., 2007; Garibaldi ve ark., 2013; Halder ve ark., 2019; Elisante ve ark., 2020. Tozlaşma biyolojisi genel anlamda tozlayıcı ve bitki arasındaki karşılıklı etkileşimle ilişkilendirilirken tozlayıcı canlılar besin kaynağı için çiçekleri kullanırken bitkilerin üremesini kolaylaştırmak için polen aktarımı sağlarlar (Menz ve ark., 2011; Marshman ve ark. 2019).

Tozlaşmada etkili böceklerin bitkisel üretime %75'in üzerinde katkısı olduğu bilinmektedir (Klein ve ark., 2007). Arıların da içerisinde olduğu böcek tozlayıcılar ekosistemin sürdürülebilirliğini sağlamak, bitkilerde genetik çeşitliliği teşvik etmek ve küresel gıda güvenliğini sağlamak için özel bir öneme sahiptir.

En yaygın tozlayıcılar arasında yer alan bal arıları, gelişmiş sosyal yapıları ve kolonilerinin büyüklüğü sayesinde geniş bir bitki yelpazesinin tozlaşmasında rol oynamaktadır (Free, 1993; Klein ve ark., 2007; Garibaldi ve ark., 2013; Goulson ve ark., 2015).

Ancak tarımsal alanlarda yoğun monokültür uygulamaları ve pestisit kullanımının artışı, bal arıları popülasyonlarında önemli ölçüde azalmaya neden olmakta, bu durum ise tarımsal verimliliği olumsuz etkilemektedir (Vanbergen, 2013). Dolayısıyla bal arılarına alternatif tozlayıcı türlerin; özellikle bombus arılarının, tarımsal ekosistemlerdeki katkısı gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır (Goulson ve ark., 2015). Bombus arıları gibi yabancı tozlayıcılar, bal arılarının yetersiz kaldığı ortamlarda bitki çeşitliliğini koruma ve verimi artırma açısından önemli bir role sahiptir (Garibaldi ve ark., 2013).

Bombus arıları, dünya genelinde birçok bitkisel ürünün verimliliğini ve kalitesini artırmak amacıyla kullanılan oldukça değerli tozlayıcılardandır. Bitkisel üretimin büyük bir bölümünün böcek tozlaşmasına bağımlı olması bombus arılarının ekosistemin sürdürülebilirliği ve tarımsal üretimde verimlilik yönünden önemini ortaya koymaktadır (Ollerton ve ark., 2011; Rader ve ark., 2016).

Bombus arıları özellikle seracılık gibi kontrollü ortamlarda sıkça tercih edilen tozlayıcılardandır. Örneğin, domates gibi kendine özgü çiçek yapısına sahip olan bitkilerde bal arılarının tozlaşma yapma kapasitesi sınırlı olduğundan bombus arılarının bu süreçteki etkisi oldukça değerlidir (Morandin ve Winston, 2005). Ekonomik değeri yüksek bitkilerin başarılı şekilde meyve vermesi için yeterli miktarda polen transferi gereklidir (Saha ve ark., 2023). Bu aşamada bombus arıları, geniş gövde yapıları ve yüksek titreşim kapasiteleriyle daha verimli bir tozlaşma sağlamaktadır (Wahengbam ve ark., 2019). Bombus türleri, sadece ticari seracılık alanlarında değil, aynı zamanda doğal ekosistemlerde de biyolojik çeşitliliği desteklemektedir (Goulson, 2010).

*Bombus terrestris*, güçlü kanat kasları ve soğuk hava koşullarında bile aktif olabilme kabiliyetleri ile bilinmektedir (Corbet ve ark., 1993). Seralarda düşük ışık yoğunluğu ve sıcaklık koşullarında tozlaşmayı sürdürebilmeleri sayesinde (Ercan ve Onus, 2003) bu arı türü, polen

kalitesinin düşüklüğü veya çiçeklerin yetersiz gelişimi gibi sera ortamlarında karşılaşılan sorunların çözümünde kritik bir rol üstlenmektedir. Bu özellikleri nedeniyle *B. terrestris* özellikle ticari seracılıkta yaygın olarak kullanılmaktadır (Gösterit ve Gürel, 2018). Bu amaçla kullanımları giderek artan bombus arılarında kolonilerinin verimliliğini artırmak ve hastalıklardan korumak amacıyla koloni sağlığı, beslenme düzeni ve hastalık kontrolü gibi konular üzerinde de yoğun araştırmalar yürütülmektedir (Meeus ve ark., 2011).

Kolonilerin gelişimi ve sağlığı açısından en önemli besin kaynağı polen, özellikle larva ve genç yetişkin bireyler için değerli bir protein kaynağı olarak öne çıkmaktadır (Pernal ve Currie, 2000). Araştırmalar, farklı bitkilerden toplanan polenlerin protein ve yağ içeriklerinin değişiklik gösterdiğini, dolayısıyla arıların bu içeriklere göre beslenme tercihleri geliştirdiğini oraya koymaktadır (Roulston ve ark., 2000). Polen çeşitliliği, arıların bağışıklık sistemi ve koloni dayanıklılığı için de önemlidir. Bu nedenle arılar protein açısından zengin ve yüksek besleyici değere sahip polenleri tercih ederek koloni sağlığını korumaya çalışmaktadırlar (Mapalad ve ark., 2008).

Ticari bombus arısı yetiştiriciliğinde, besin ihtiyaçlarını karşılamak ve farklı polen türlerinin etkilerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmalar uzun bir geçmişe sahiptir (Regali ve Rasmont, 1995; Ribeiro ve ark., 1996). Yüksek protein içerikli polenlerin, bombus arılarının üreme başarısını artırdığı ve koloni sağlığını koruduğu bilinmektedir (Vanderplanck ve ark., 2014; Moerman ve ark., 2017).

Yetiştiricilik faaliyetlerinde kullanılan farklı protein düzeylerine sahip polenlerin arılar tarafından tercih edilme oranlarının belirlenmesi üretim çalışmalarına katkı sağlayacaktır. Bu amaçla yürütülen araştırmada polenin fermente hali de (perga) değerlendirmeye alınarak literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

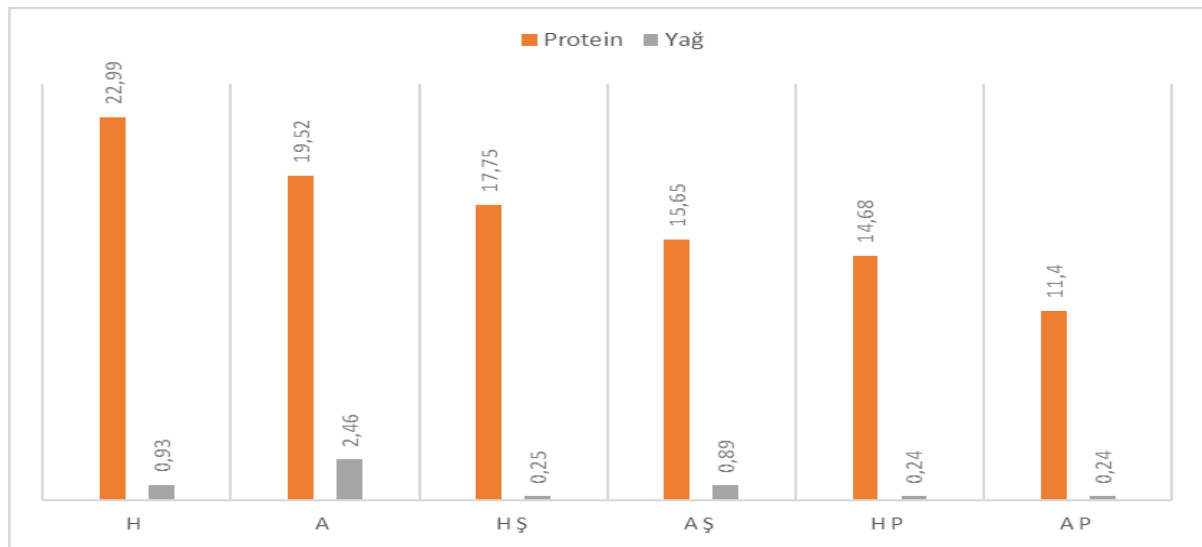
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Arıcılık Uygulama ve Araştırma Merkez Müdürlüğü işletmesinde sıcaklık ve nem kontrollü koşullarda gerçekleştirilen çalışmanın arı materyalini ana arısız ve her birinde yirmişer adet *B. terrestris* işçi arısı bulunan mikro koloniler oluşturmuştur. Beslemede ise ticari bir firmadan temin edilen monofloral yaş haşhaş ve ayçiçeği polenleri kullanılmıştır. Polenler üretim faaliyetlerinde olduğu gibi şeker şurubu ile yoğrulmuş formda ve ayrıca perga olarak kolonilere verilmiştir. Perga yapımı Krell (1996)'ya göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre 1 kg haşhaş ve ayçiçeği polenlerinin her birine 0.25 lt su ve 0.2 g *Lactobacillus xylosus* bakterisi ilave edilerek 0.15 kg balla yoğrulmuş ve 15 gün süreyle oda sıcaklığında cam kavanozlarda fermente olmaları sağlanmıştır. Elde edilen polenler haşhaş şurup (HŞ), Haşhaş perga (HP), ayçiçeği şurup (AŞ) ve ayçiçeği perga (AP) olarak gruplandırılarak 3 mg kapasiteli ependorf tüplerde, baş kısımları açık olacak şekilde her birinde 10 adet koloni bulunan gruplara verilmiştir. Gruplar ve gruplardaki koloni sayıları aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

1. Grup	HŞ/HP	(10 mikro koloni)
2. Grup	HŞ/AŞ	(10 mikro koloni)
3. Grup	AŞ/AP	(10 mikro koloni)
4. Grup	AP/HP	(10 mikro koloni)
5. Grup	HŞ/HP/AŞ/AP	(10 mikro koloni)

Deneme süresince şeker şurubu (%50 brix) ile adlibitum beslenen toplam 50 koloninin haşhaş ve ayçiçeği polenleri ile oluşturulan besinlere aynı anda ulaşabilmeleri sağlanmış ve tüplere azaldıkça besin ilavesi yapılmıştır. Toplam 5 kez 4 gün aralıklarla yapılan tüketim ölçümleri kaydedilmiş; elde edilen veriler SAS paket programı (SAS, 2023) kullanılarak t-testi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmada polenlerden oluşturulan besleme materyallerinin protein ve yağ içerikleri de ele alınmış ve içerikler hizmet alımı ile belirlenmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

Besin gruplarının protein, yağ ve şeker düzeylerinin yer aldığı içerik analizleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Besin gruplarının protein (%) ve yağ (%) düzeyleri

*Figure 1. Protein and fat levels of food groups*

Her iki polenin de işlem görmemiş (şurup ile yoğrulmamış yada fermente edilmemiş) formlarının daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu, haşhaş poleninde bu oranın % 30 seviyesine yaklaştığı, şurup ile yoğrulduğunda yapılarında protein düzeyinin biraz daha azaldığı ve perga halinde ise daha düşük protein seviyesine sahip olduğu Şekil 1'de görülmektedir. Şekil 1'de ayrıca en yüksek yağ içeriğine ayçiçeği polenin sahip olduğu görülmektedir.

Arıların gelişimi için temel besin kaynağı olan polen; proteinler, vitaminler, amino asitler, mineraller, lipitler, flavonoidler ve fenolik bileşikler gibi makro ve mikro besin maddelerince oldukça zengin bir üründür. Buna karşılık polenin petek gözlerinde bakteriyel ve enzimatik faaliyetler sonucu dönüşüme uğramış hali olan perga bazı içerikler bakımından polenden ayrılmaktadır (Baky ve ark., 2023). Polenin protein seviyesi pergadan yüksek olmakla birlikte pergadaki proteininin daha yüksek yararlı ve sindirilebilir olduğu farklı araştırmalarda ifade edilmektedir (Baky ve ark., 2023; DeGrandi-Hoffman ve ark., 2013; Kieliszek ve ark., 2018; Mayda, 2019; Ertosun, 2020). Söz konusu belirleme, araştırma sonuçlarında yer alan polendeki yüksek protein düzeyinin fermente olduktan sonra azalmasını açıklamaktadır.

Yağ içerikleri dikkate alındığında ayçiçeği poleni en yüksek yağ oranına (% 2.46) sahipken diğer polen olduğu ve perga örneklerinin nispeten düşük yağ içerdiği gözlemlenmiştir.

Kolonilerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamada yağın önemli bir kaynak olduğu, dolayısıyla enerji tüketiminin yüksek olduğu dönemlerde yağ içeriği zengin polenlerin tercih edebildikleri bilinmektedir (Vaudo ve ark., 2015). Diğer taraftan araştırma bulgularına göre işleme uğramamış ayçiçeği polenindeki yüksek yağ içeriğinin polenlerden elde edilen besin gruplarına yansıdığı Şekil 1’de görülmektedir.

İkili kombinasyonlar ile besin tüketimlerinin ele alındığı Tablo 1’e göre dört günlük aralıklarla yapılan ölçümlerde ortalama tüketimler  $0.58 \pm 0.05$  mg ile  $0.87 \pm 0.05$  mg aralığında değişmiş; en yüksek tüketim seviyesi 2.70 mg’a kadar çıkabilirken tüketim olmadığı dönemler de gözlemlenmiştir. Diğer taraftan yirmi günlük deneme süresindeki tüketimlere göre sıralama yapıldığında 3. grupta HŞ besininin 43.50 mg ile en yüksek, aynı grupta HP’nin ise 29.20 mg ile en düşük toplam tüketim olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Grupların besin tüketimleri (mg)  
Table 1. Food consumption of groups (mg)

	Besin	N	Ortalama± Std. Sapma	En düşük değer	En yüksek değer	Toplam tüketim	
Gruplar	1. Grup	HP	50	$0.66 \pm 0.06$	0	1.80	33.10
		AP	50	$0.63 \pm 0.05$	0	2.70	31.40
	2. Grup	AŞ	50	$0.60 \pm 0.05$	0	1.80	30.30
		HŞ	50	$0.76 \pm 0.05$	0.10	1.80	38.20
	3. Grup	HP	50	$0.58 \pm 0.05$	0	1.40	29.20
		HŞ	50	$0.87 \pm 0.05$	0.10	1.70	43.50
	4. Grup	AP	50	$0.78 \pm 0.05$	0	1.60	39.20
		AŞ	50	$0.72 \pm 0.06$	0	2.00	36.00

Çalışmadan elde edilen bulgulara yönelik genel değerlendirmeye göre yüksek ve düşük protein içeriğine sahip besinlerin birlikte yer aldığı gruplarda (1. Grup- HP/AP ve 2. Grup- AŞ/HŞ) tercihin yüksek protein içeriğine sahip besinden (HP ve HŞ) yana kullanıldığı, şurup ile yoğrulmuş ve fermente durumların karşılaştırılmasında ise (3. Grup- HP/HŞ ve 4. Grup- AP/AŞ) önemli bir farkın olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu belirmelere rağmen grup ortalamalarının t-testi ile karşılaştırılması sonucunda gözlenen farklılıkların ise istatistik olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).

Araştırmada besinlerin ikili kombinasyonların yanında her biri aynı anda kolonilere de verilmiş ve çalışmanın 5.grubunu (HP/AŞ/AP/AŞ) oluşturmuştur. Elde edilen veriler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Kolonilerin karma besin tüketimleri (mg)  
Table 2. Mixed food consumption of colonies (mg)

Besin	N	Ortalama± Std. Sp.	En düşük değer	En yüksek değer	Toplam tüketim
AP	50	$0.37 \pm 0.04^a$	0	1.60	18.80
AŞ	50	$0.40 \pm 0.04^a$	0	1.70	20.00
HP	50	$0.37 \pm 0.04^a$	0	1.60	18.60
HŞ	50	$0.53 \pm 0.05^b$	0	1.90	26.80

a,b ;  $P < 0.05$

Tablo 2'ye göre AP ve HP besinleri en düşük ortalamalara sahipken ( $0.37 \pm 0.04$  mg) bunları  $0.40 \pm 0.04$  mg ile AŞ besini izlemiştir. Diğer taraftan HŞ besininin  $0.53 \pm 0.05$  mg ile en yüksek ortalamaya sahip olduğunun görüldüğü Tablo'2 de yirmi gün süren deneme boyunca tüketim bakımından da aynı grubun toplam 26.80 mg ile en yüksek seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Besin tüketim ortalmalarına uygulanan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre fark önemli bulunmuş ( $P < 0.05$ ), HŞ diğerlerinden ayrılmıştır. Buna karşılık gerek ikili kombinasyonlar, gerekse karma besin grubundan elde edilen değerler ile bombus arılarının koloni yaşantısında büyük öneme sahip polenlerin fermente yapılarına (perga) ilişkin net bir yargıya varılamamıştır.

Tablo 2'den elde edilen bulgular, ikili kombinasyon ortaya çıkan farklılıkların değerlendirilmesine de katkı sağlamaktadır. Buna göre *B. terrestris* arıları haşhaş polenini ayçiçeği polenine tercih etmektedir. Bu belirleme bombus arılarının beslenme davranışları ile ilişkilendirilebilen araştırmalardaki protein içeriğince zengin besinlere yönelmeleri bulgularıyla uyum göstermektedir (Regali ve Rasmont, 1995; Leonhardt ve Blüthgen, 2012; Vaudo ve ark., 2015).

Bombus arılarının gelişiminde protein içeriğinin kritik olduğu; proteinin larva gelişimi, kas gelişimi ve bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkiler sağladığı daha önceki araştırmalarla da doğrulanmıştır (Leonhardt ve Blüthgen, 2012; Roulston ve Cane, 2000; Roger ve ark., 2017; Kraus ve ark., 2019) protein içeriği yüksek olan polenlerin arılar için daha çekici olduğunu ve kolonilerin büyüme ve gelişimi üzerinde önemli bir etki yarattığını belirtmiştir. Ayrıca, Ribeiro ve ark. (1996), protein yoğunluğu yüksek polenlerin daha düşük miktarlarla bile arıların besin ihtiyaçlarını karşılayabildiğini ifade etmiştir.

Araştırma bulguları bombus arılarına yönelik besleme stratejileri geliştirilmesine katkı sağlayacak özelliكتedir. Haşhaş poleni gibi yüksek protein içerikli polenler arıların sağlıklı koloni yapısını sürdürmeleri için gerekli temel besin kaynakları olarak değerlendirilmektedir. Vaudo ve ark. (2015) bombus arılarının enerji gereksinimlerini karşılamak için yüksek yağ içeriğine sahip kaynaklara yönelebildiğini ve bu kaynakların tamamlayıcı bir rol üstlenebileceğini belirtmişlerdir.

Çalışmada besinlerin yağ içerikleri ile tüketim tercihleri arasında ilişki kurulamamıştır. Kolonilerin şeker şurubu ile adlibitum beslenmelerinin bunda temel etken olduğu ön görülürken bu amaçla bir değerlendirme yapabilmek için enerji kısıtlı bir besleme programının uygun olacağı düşünülmektedir.

## Sonuç

Farklı protein ve yağ içeriğine sahip haşhaş ve ayçiçeği polenleri ile oluşturulan besinlerin tüketimlerini konu alan araştırmadan elde edilen sonuçlara göre bombus arıları haşhaş polenini daha fazla tüketme eğilimindedirler. Haşhaş poleninin protein içeriğinin yüksek olması bunun temel nedeni olduğu değerlendirilirken bulgular ile polenlerin yağ içerikleri ve fermente yapıları ilişkilendirilememiştir.

*B. terrestris* arılarının beslenme davranışlarını açıklamaya ve ticari yetiştiricilikte besleme projeksiyonlarının geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülen araştırmanın koloni gelişim özelliklerinin de ele alınacağı daha fazla koloni tekrarlanması yararlı olacaktır.

**Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.

**Kaynaklar**

- Baky, M. H., Abouelela, M. B., Wang, K., & Farag, M. A. 2023. Bee Pollen and Bread as a Super-Food: A Comparative Review of Their Metabolome Composition and Quality Assessment in the Context of Best Recovery Conditions. *Molecules*, 28(2), 715. <https://doi.org/10.3390/molecules28020715>
- Corbet, S. A., Fussell, M., Ake, R., Fraser, A., Gunson, C., Savage, A., Smith, K., 1993. Temperature and the pollinating activity of social bees. *Ecological Entomology*, 18(1): 17-30.
- DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., & Simonds, R. 2013. The Effects of Pesticides on Queen Rearing and Virus Titers in Honey Bees (*Apis mellifera* L.). *Insects*, 4(1), 71–89. <https://doi.org/10.3390/insects4010071>
- Elisante, F., Ndakidemi, P., Arnold, S. E. J., Belmain, S. R., Gurr, G. M., Darbyshire, I., Xie, G., Stevenson, P. C. 2020. Insect pollination is important in a smallholder bean farming system. *PeerJ*, 8: e10102. <http://doi.org/10.7717/peerj.10102>
- Ercan, N., Onus, A. N., 2003. The effects of bumblebees (*Bombus terrestris* L.) on fruit quality and yield of pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in an unheated greenhouse. *Israel Journal of Plant Sciences*. [https://brill.com/view/journals/ijps/51/4/article-p275\\_5.xml](https://brill.com/view/journals/ijps/51/4/article-p275_5.xml)
- Ertosun, S. 2020. Thermal stability of nutraceuticals in bread enriched with bee products (Master's Thesis). Escola Superior Agrária de Bragança.
- Free, J. B., 1993. Insect pollination of crops. Academic Press.
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Kremen, C., Carvalheiro, L. G., Harder, L. D., Afik, O., ve diğerleri, 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127): 1608-1611.
- Goulson, D., 2010. Bumblebees: Behaviour, ecology, and conservation. Oxford University Press.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E. L., 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229): 1255957.
- Halder, S., Ghosh, S., Khan, R., Khan, A. A., Perween, T., Hasan, A. 2019. Role of pollination in fruit crops: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 8(5): 695–702.
- Gösterit A., Gürel F., 2018. The role of commercially produced bumblebees in Good Agricultural Practices. *Scientific papers, Series D., Animal Science*, 61, 201-204.
- Kevan, P. G., Baker, H. G., 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 28(1): 407-453.
- Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A. M., Błażejczak, S., Chlebowska-Śmigiel, A., Wolska, I. 2018. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71: 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.021>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608): 303-313.



- Kraus, S., Gomez-Moracho, T., Pasquaretta, C., Latil, G., Dussutour, A., and Lihoreau, M., 2019. Bumblebees adjust protein and lipid collection rules to the presence of brood. *Curr. Zool.*, 65: 437–446.
- Krell, R. 1996. Value-Added Products From Beekeeping. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 124, 409p, Rome.
- Leonhardt, S. D., Blüthgen, N. 2012. The same, but different: pollen foraging in honeybee and bumblebee colonies. *Apidologie* 43: 449-464.
- Menz, M. H., Phillips, R. D., Winfree, R., Kremen, C., Aizen, M. A., Johnson, S. D., Dixon, K. W. 2011. Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. *Trends in Plant Science*, 16(1): 4–12.
- Mapalad, K. P., Leu, D., Nieh, J. C., 2008. Bumble bees heat up for high quality pollen. *Journal of Experimental Biology*, 211(14): 2239-2242.
- Marshman, J., Blay-Palmer, A., Landman, K. 2019. Anthropocene crisis: Climate change, pollinators, and food security. *Environments – MDPI*, 6: 1–16.
- Mayda, N. 2019. Arı Polenleri ve Arı Ekmeğinin Palinolojik, Kimyasal ve Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Meeus, I., Brown, M. J., De Graaf, D. C., Smagghe, G. 2011. Effects of invasive parasites on bumble bee declines. *Conservation Biology*, 25(4): 662-671.
- Moerman, R., Vanderplanck, M., Fournier, D., Jacquemart, A. L., Michez, D. 2017. Pollen nutrients better explain bumblebee colony development than pollen diversity. *Insect Conservation and Diversity*, 10(2): 171-179.
- Morandin, L. A., Winston, M. L., 2005. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological Applications*, 15(3): 871-881.
- Omar, N. A., Zarı Man, N. A., Nurul Huda, A. 2021. Pollination in the Tropics: Role of Pollinator in Guava Production. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4(3): 623-639.
- Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S., 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3): 321-326.
- Pernal, S. F., Currie, R. W., 2000. Pollen quality of fresh and aged pollens collected by honey bees (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, 31(3): 375-385.
- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P. D., Howlett, B. G., Winfree, R., Cunningham, S. A., Mayfield, M. M., Arthur, A. D., Andersson, G. K. S., ve ark., 2016. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1): 146-151.
- Regali, A., Rasmont, P., 1995. Nouvelles méthodes de test pour l'évaluation du régime alimentaire chez des colonies orphelines de *Bombus terrestris* (L) (Hymenoptera, Apidae). *Apidologie* 26 (4): 273-281.
- Roger, N., Michez, D., Wattiez, R., Sheridan, C., and Vanderplanck, M., 2017. Diet effects on bumblebee health. *J. Insect Physiol.*, 96,:128–133.
- Ribeiro, M. F., Duchateau, M. J., Velthuis, H. H. W., 1996. Comparison of the effects of two kinds of commercially available pollen on colony development and queen production in *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera, Apidae). *Apidologie*, 27(3): 273-280.

- Roulston, T. H., Cane, J. H., Buchmann, S. L., 2000. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interactions, or phylogeny? *Ecological Monographs*, 70(4): 617-643.
- Saha, H., Chatterjee, S., Paul, A., 2023. Role of Pollinators in Plant Reproduction and Food Security: A Concise Review. *Res. J. Agric. Sci.*, 14(1): 72-79.
- SAS, 2023. SAS/STAT Software Version 9.4 for Windows. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Vanbergen, A. J., Insect Pollinators Initiative, 2013. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(5): 251-259.
- Vanderplanck, M., Moerman, R., Rasmont, P., Lognay, G., Wathelet, B., Wattiez, R., Michez, D., 2014. How does pollen chemistry impact development and feeding behaviour of polylectic bees? *PLOS ONE*, 9(1): e86209.
- Vaudo, A. D., Patch, H. M., Mortensen, D. A., Tooker, J. F., Grozinger, C. M., 2015. Macronutrient ratios in pollen shape bumble bee (*Bombus impatiens*) foraging strategies and floral preferences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(28): 4035-4040.
- Wahengbam, J., Raut, A, Pal, S., Banu A.N., 2019. Role of bumble bee in pollination. *Annals of Biology*, 35 (2): 290-295.