



İpekböceği (*Bombyx mori* L.) Yetiştiriciliğinde Yapay Yem Karışımlarının Kullanımı

Fehmi Gürel

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Antalya, Türkiye, (ORCID:0000-0003-1492-8910), fgurel@akdeniz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 31Mart 2023 ve Kabul Tarihi 03 Mayıs 2023)

(DOI: 10.31590/ejosat.1274467)

ATIF/REFERENCE: Gürel, F. (2023). İpekböceği (*Bombyx mori* L.) Yetiştiriciliğinde Yapay Yem Karışımlarının Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (51), 173-180.

Öz

Evcilleştirilmiş ipekböceği, *Bombyx mori* L., binlerce yıldır ipek üretimine büyük katkı sağlayan ekonomik açıdan en önemli böceklerden birisidir. İpekböceği'nin temel özelliklerinden biri tek tip bir besin kaynağıyla beslenmeyi tercih etmesidir. Taze dut yaprakları ipekböceği larvalarının tek doğal besin kaynağıdır. Dut yapraklarının tüm yıl boyunca bulunmaması ipekböceği yetiştiriciliğini ve koza üretimini ciddi şekilde sınırladığından, ipekböceği larvalarının yapay bir yemle beslenmesi hep gündemde olmuştur. İpekböceklerinin tüm larva döneminde yapay yemlerle beslenmesi ilk kez 1960 yılında başarılmıştır. Ancak ipekböceği larvaları bu yapay yemlerle beslendiğinde larvaların büyüme ve gelişmesi gerilemiş, küçük kozalar üretmişlerdir. Daha sonraki yıllarda pek çok gelişmenin ardından özellikle Japonya'da genç ipekböceği larvalarının 1. ve 3. yaş dönemleri arasında yapay yemle beslenmesi yaygınlaşmıştır. Günümüz ipekböceği yetiştiriciliğinde yapay yemlerin maliyetleri nedeniyle tüm larva dönemleri boyunca kullanılmasının ekonomik olmayacağı genel olarak kabul edilmiştir. Bu derlemede, ipekböceği yetiştiriciliğinde yapay yem karışımlarının temel bileşenleri, formülasyonları ve hazırlanması ile ilgili ayrıntılara yer verilmiş, ayrıca bu konudaki güncel bilimsel çalışmalar da özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İpekböceği, Besleme, Yapay Yem Karışımı, Dut Yaprağı, Koza.

The Use of Artificial Diets in Silkworm (*Bombyx mori* L.) Rearing

Abstract

The domesticated silkworm, *Bombyx mori* L., is one of the most economically important insects that has been a major contributor to silk production for thousands of years. One of the main characteristics of *B. mori* is its monophagous feeding preference. Fresh mulberry leaves are the only natural food of silkworm larvae. As mulberry leaves are not available all year round which severely limits the silkworm rearing and cocoon production, thus feeding silkworm larvae with an artificial diet has come into being. Feeding with artificial diets during the all larval period of silkworms had first been achieved in 1960. But reared on these diets, larval growth and development were retarded, small cocoons appeared. After many improvements in the following years, feeding with the artificial diet between 1st and 3rd instars young silkworm larvae has become widespread especially in Japan. Nowadays, it was generally considered that artificial diets could not be used for silkworm rearing economically throughout the whole instars, due to the cost of the diet. In this review, highlights details about the essential components, formulations and preparation of artificial diet in silkworm rearing. Moreover, current scientific studies on this subject are also summarized.

Keywords: Silkworm, Feeding, Artificial Diet, Mulberry Leave, Cocoon.

1. Giriş

İpekböceği, binlerce yıldır yetiştirilen ve insanların ekonomik hayatında önemli rol oynayan böceklerden birisidir. İpekböceğinin en önemli özelliği, bitki proteinini ipek proteinine çevirerek hayvansal bir life dönüştürmesidir. Yalnız dut yaprağı ile beslenen ipekböceklerinden elde edilen dut ipeği, dünya ipek üretiminin % 95' ini oluşturmaktadır ve ipek denilince genellikle dut ipeği anlaşılmaktadır. Tarih boyunca çok değerli olan ipek, yumuşaklığı, parlaklığı, dayanıklılığı ve iyi boya tutma kabiliyetinden dolayı günümüzde de en değerli doğal lif olarak kabul edilmektedir (Şahan, 2011; Bhattacharyya vd., 2016). Dünyada 30 milyondan fazla aile ipekböceği yetiştiriciliği ile uğraşmakta, ipek üretiminden gelir sağlamaktadır. Ayrıca ipekböceği, *Bombyx mori* L., kısa yaşam döngüsü, yetiştirme kolaylığı ve tam başkalaşım (metamorfoz) geçirmesi nedeniyle ait olduğu yaklaşık 180 bin türü kapsayan *Lepidoptera* takımı içinde fizyoloji, toksikoloji, biyokimya, moleküler genetik (genom araştırmaları, rekombinat protein üretimi vb.) gibi birçok disiplindeki bilimsel araştırmalarda da model böcek olarak kullanılmaktadır (Zhang vd., 2019; Wang vd., 2019; Dai vd., 2022; Shahzadi vd., 2022).

İpekböceği tam bir başkalaşım geçirerek yaşam döngüsünde yumurta, larva, pupa (krizalit) ve kelebek olmak üzere 4 farklı dönemi tamamlar. İpekböceği bu yaşam döngüsü içerisinde sadece beslenme ve çevre koşullarına göre değişmekle birlikte en uygun koşullarda yaklaşık 25 gün süren larva döneminde dut yaprağı ile yoğun beslenir ve bu süreçte yaklaşık on bin kat ağırlık artışı kazanır. Larvanın kısa sürede hızlı büyümesi için deri değiştirmesi gerekir. Larva döneminde ipekböceği 4 defa deri değiştirir. İpekböceği deri değiştirirken dut yaprağı yemeden en az 24 saat hareketsiz kalır. Bu devre deri değiştirme ya da uyku devresi olarak adlandırılır. Deri değiştiren larva yeni bir yaşa girerek dut yaprağı yemeye başlar. İki uyku arasındaki süre yani ipekböceklerinin dut yapraklarını yediği ve geliştiği süre bir yaş olarak adlandırılır. Ticari yetiştiriciliği yapılan ipek böcekleri 4 uykulu ve 5 yaşlıdır. En uzun süren yaş dönemi yaklaşık 8 gün süren 5. yaş dönemidir. İpekböceği larvası 5. yaşın sonunda yem tüketmeyi sonlandırır ve 2-3 gün içerisinde vücudunun her iki tarafındaki ipek bezlerinden salgıladığı ipek lifi ile kendisini içine hapsettiği ve yaklaşık 1000-1400 metre uzunluğundaki kopuksuz ipek ipliğinden oluşan kozasını ör. Ticari üretimde kozaların içerisindeki pupalar uygun yöntemlerle öldürülür, sonra kozalar kurutulur ve çekilerek ipek ipliği elde edilir (Şahan, 2011; Shahzadi vd., 2022).

İpekböceği larvalarının büyümesi, gelişmesi ve ardından koza üretimi, çevre koşulları ile birlikte dut yaprağı miktarı ve kalitesinden de büyük ölçüde etkilenir. Bu nedenle başarılı koza üretimi ve yüksek ipek verimi için ipekböcekleri yoğun olarak kaliteli dut yaprakları ile beslenmesi gerekmektedir (Ito, 1980). Bir ipekböceği tüm larva dönemi süresince 25-30 gram dut yaprağı tüketmektedir. İpekböcekleri toplam tükettikleri dut yaprağının yaklaşık % 90 'ını 5. (son) yaş döneminde tüketirler. İpek bezlerinin gelişimi de tüketilen dut yaprağı miktarı ile doğrudan ilişkilidir. İpek bezleri 1.- 4. yaş arasında larva vücut ağırlığının % 5' inden daha azını kaplarken, 5. yaşta çok hızlı gelişerek 5. yaş sonunda larva vücut ağırlığının % 40-45' ini kaplamaktadır. Dut yaprağı üretimi, farklı iklim ve arazi koşullarına bağlı olarak hem nitelik hem de nicelik olarak değişmektedir. Ilıman ve subtropikal iklime sahip bulunan bölgelerde ipekböceği yetiştiriciliği genellikle taze yumuşak dut yapraklarının bol olduğu sadece ilkbahar mevsiminde yılda bir defa, az da olsa bazı bölgelerde sonbahar mevsiminde de olmak üzere yılda iki defa ve dut yapraklarındaki gelişimin bütün bir yıl boyunca devam ettiği tropikal iklim koşullarının hüküm sürdüğü bazı bölgelerde ise yılda 5-7 defa yapılabilmektedir (Şahan, 2011; Shahzadi vd., 2022).

Dut ağaçlarından sürekli taze dut yaprağı sağlanamaması ve bu nedenle birçok bölgede ipekböceği yetiştiriciliğinin yalnızca yılın birkaç ayında yapılan bir tarımsal üretim faaliyeti olarak sürdürülmesi, ipekböceği koza üretim sektörünün gelişimini önemli ölçüde sınırlamakta ve yapay olarak hazırlanan yem maddeleri karışımı (karma yem) ile ipekböceklerinin beslenmesi önem kazanmaktadır. Ayrıca ipekböceklerinin neden sadece dut yapraklarıyla beslendikleri sorusu bilim insanlarının hep gündeminde olmuş ve bu soru, dut yapraklarının bileşimi ve özellikle ipekböceklerini çeken besin maddeleri üzerinde birçok çalışmanın yapılmasına neden olmuştur (Ito,1980; Avramova, 2020; Avramova vd., 2020; Qin vd., 2020). Sonuçta ipekböceklerinin beslenmesinde kullanmak amacıyla dut yaprağının bileşimine benzer yapay karışımların geliştirilmesine yönelik uygulamalar başlamıştır. İpekböceği yetiştiriciliğinde, geliştirilen yapay yem karışımlarının maliyetleri makul ölçülerde tutulursa ve bu yemlerle beslenecek ipekböceği larvalarının gelişiminde ve koza verim ve kalitesinde önemli bir olumsuzluk yaşanmaz ise yapay yem karışımlarının kullanılmasının birçok önemli yararları olacaktır. İpekböceklerinin yapay olarak hazırlanan yem karışımları ile beslenmesi, yılın sadece bir mevsiminde yapılan ipekböceği yetiştiriciliğinin yıl boyu yapılmasını sağlayabilir, çok sayıda dut ağacının bakımı, arazi tahsisi gibi konularda oluşacak maliyetleri azaltabilir, topraksız küçük çiftçileri ipekböceği yetiştiriciliğine teşvik edebilir, işçilik maliyetlerini önemli ölçüde azaltır (dut ağaçlarını yetiştirmek, bakımını yapmak, yaprak hasadı vb.), ipekböceği yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgelerde endüstriyel kirlilikten ve diğer sebeplerde kaynaklanan (kimyasal ilaçlamalar, çöl tozlarının taşınması vb.) yaprak kalitesini ve ipekböceği sağlığını etkileyecek risklerin azaltılmasını sağlar, bilimsel çalışmalar için yıl boyu canlı materyal teminini olanaklı kılar (Shinbo ve Yanagawa, 1994; Dong vd., 2017; Moise vd., 2020; He vd., 2021; Tao vd., 2022).

2. İpekböceği Yetiştiriciliğinde Yapay Beslemenin Tarihçesi

Böceklerin yapay besinlerle beslenmesi konusundaki çalışmalar yüzyılı aşkın bir süredir yapılmaktadır. İpekböceğinin yapay bir yem karışımı ile larva dönemi boyunca beslenmesi ilk kez 1960 yılında Japonya'da başarılmıştır. Ancak bu yapay yem karışımı ile beslenen larvalarda dut yaprağı ile beslenenlere oranla ölüm oranı yüksek, larva gelişimi zayıf, larva süresi uzun ve elde edilen kozalar da daha küçük olmuştur (Fukuda vd., 1960). Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarla uygulamaya aktarılacak ilk yapay yem bileşimi 1972 yılında açıklanmış (Horie, 1972) ve 1977 yılında Japonya'da genç yaşta (3. yaşın sonuna kadar) ipekböceği larvalarının beslenmesinde bu karışım kullanılmaya başlanmıştır (Ito, 1980). Japonya'da 1990 yılında yapay yem karışımı ile ilk 2 yaşın sonuna kadar beslenen larvaların oranı toplam beslenen larvaların % 40' ını aşmıştır. Bu formülasyon tam olarak sentetik bir formülasyon değil belli oranda dut yaprağı unu içermektedir. Genel olarak yapay yem karışımlarının daha fazla yaygınlaşmasındaki

en büyük engel yapay yem maliyetinin yüksek olmasıdır. Benzer şekilde Hindistan'da da dut yaprağı unu da içeren yarı sentetik ipekböceği yem karışımı geliştirme çalışmaları 1970' li yıllarda başlamış, birçok olumsuzluklar yaşanmış, uzun yıllar süren araştırmalar ve uygulamalar sonucunda 2005 yılında 1. ve 2. yaşdaki ipekböceği larvalarının beslenmesinde başarı ile kullanılabilir ticari üretilmiş bir yapay yem karışımı satışa sunulmuştur (Mondal vd., 2018). Bu süreç içerisinde bazı araştırmacılar ve kurumlar tarafından yapay yem patentleri alınmış (Anonim, 1970; Cappellozza vd., 2005) ve farklı ülkelerde bazı firmalar tarafından da yapay yemler üretilerek satışa sunulmuştur.

3. Yapay Beslemeye Uygun İpekböceği Hatlarının Geliştirilmesi

Binlerce yıldır yetiştiriciliği yapılan ipekböceğinin yaklaşık 1000 adet ırk ve/veya hattı bulunmaktadır (Krishnaswami vd., 1973; Bhattacharyya vd., 2016). Bu ırk ve hatların önemli bir bölümü özellikle Japonya, Çin, Hindistan'da seleksiyon ve melezlemeler sonucu geliştirilmiştir. İpekböceği genel olarak monofag bir böcektir. Yaşamı, yalnız larva döneminde tükettiği dut yapraklarına bağlıdır. İpekböceği ırk ve hatlarının çoğu yapay bir besini sindirmede güçlük çekerler, bazıları yapay besini hiç tüketemezler ve ölümler, bazıları ise zayıf bir şekilde büyür ve gelişirler. Ticari olarak geliştirilmiş ve yaygın kullanılan bazı Japon, Çin, Hindistan orijinli polihibrit hatlar ve bu hatların ebeveynleri de genç yaşlardaki (1-3 yaş) beslenmelerinde yapay yem karışımlarını kabul etmemişlerdir (Hamano vd., 1986; Kanda vd., 1988). Fakat Japon hatlarının Çin hatlarına oranla yapay yem karışımlarına uyum sağlama yeteneklerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sorunun çözümü için araştırmacılar ticari hatlarda uzun süreli seleksiyon yaparak ipekböceklerinin beslenme tercihlerini değiştirmeyi başarmışlardır. Böylece yapay yem bileşimine tepkisi çok düşük olan birçok hat generasyonlar boyunca yapılan seleksiyonla yapay yem bileşimi tüketmeye uyum sağlamıştır (Nair vd., 2011; Guncheva vd., 2021). Beslenme tercihinin genetik kontrolü, esas olarak 3. kromozomda yer alan majör resesif genler tarafından sağlanmaktadır (Shinbo ve Yanagaw, 1994). Yapay yem karışımlarında belirli oranda dut yaprağı tozunun varlığı yapay yem karışımlarının tüketilmesinde önemli rol oynamıştır (Nihmura, 1972). İpekböceği larvası taze veya kuru dut yaprağı kokusunu yaprakta bulunan β - γ -heksenol ve α - β -heksenol bileşenlerini GR66 geni tarafından kodlanan tat alma reseptörünün algılamasıyla hisseder ve yaprağı tüketmeye yönelir (Zhang vd., 2019). İlk iki yaş ve/veya ilk üç yaş süresince yapay yem karışımı ile beslenip, dut yaprağı ile beslenenlerle karşılaştırıldığında larva gelişimi ve koza verim ve kalitesi gibi ekonomik özellikler bakımından farklılık göstermeyen genotipler polifag ırk veya hat olarak tescillenmektedir (Shinbo ve Yanagaw, 1994; Thamidela vd., 2021). Polifag hatların ilk yaşlarda dut yaprağı tüketme alışkanlığı da korunmakta ve böylece çok amaçlı kullanımı mümkün olmaktadır (Savinea vd., 2014). Yapay besin karışımı ile beslenen ipekböcekleri gerektiğinde dut yaprağı ile beslenmeye dönüş yapmaktadırlar. Ancak ilk yaşlarda dut yaprağı ile beslenen larvalar genellikle sonraki yaşlarda yapay yem karışımlarına uyum sağlamamaktadır (Anonim, 1970). Sonuç olarak polifag hatlarda yapay yem karışımları ile ipekböceği beslemesi Japonya'da genellikle ilk 2 yaş, az da olsa ilk 3 yaş boyunca ve Hindistan'da ilk 2 yaş boyunca yapılmakta sonraki yaşlarda larvalar dut yaprağı ile beslenmektedir. Günümüzde yapay yem karışımları, maliyetinin yüksek olması nedeniyle ipekböceklerinin bütün larva dönemi boyunca beslenmesinde kullanılmamaktadır. Bir kutu, 20000 adet ipekböceği larvasını tüm larva dönemi boyunca beslemek için 110 kg kuru yem karışımına ihtiyaç duyulacağı belirtilmiştir (Tzenov, 2012; Nikolova, 2020).

4. İpekböceği Karma Yemlerinin Temel Bileşenleri

İpekböceklerinin tek besin kaynağı olan dut yaprakları diğer ağaç yaprakları ve geleneksel kaba yemlerle karşılaştırıldığında yüksek protein (kuru madde içinde %14,0–34,2 ort.% 21.4) ve metabolize edilebilir enerji (1130–2240 kcal/kg) içeriği ve yüksek kuru madde sindirilebilirliği (%75-85) ve sulu yapılarından (su, % 69.5-82.0 ort.% 72.7) dolayı lezzetli ve besleyici bir yem kaynağıdır. Dut yaprakları kalsiyum, magnezyum, potasyum ve fosfor gibi mineral maddeler, C, D ve B1 vitaminleri, beta-karoten, demir ve çinko gibi mikro besin maddeleri içermektedir. Dut yaprakları ayrıca ortalama % 5.1 yağ ve palmitik, linolenik ve alfa linoleik asit gibi önemli miktarda birincil yağ asitleri içerir. Dut yapraklarında çok sayıda biyoaktif bileşikler de (fenolik bileşikler, flavonoidler, alkaloidler ve aminobutirik asit ve klorojenik asit, isoquersitrin ve astragalin gibi başlıca antioksidan bileşikler) bulunmaktadır (Thaipitakwong vd., 2018; Hassan vd., 2020). İpekböceklerinin yapay yem karışımı ile beslenmesinin başarıldığı 1960 yılında ipekböceklerine tüm larva dönemleri boyunca ana bileşenin % 50 ve daha fazlasını kurutulmuş dut yaprağı tozunun oluşturduğu ve soya unu, agar, sakaroz tuz ve su gibi birkaç maddeden oluşan basit bir yem karışımı yedirilmiştir. Bu karışımla ipekböcekleri yaşamış ancak larva gelişimi ve koza büyüklüğü istenilen düzeyin oldukça altında kalmış, kelebekler de çok az yumurta yumurtlamıştır (Fukuda vd., 1960; Ito ve Tanaka, 1960; Ito, 1980). Bu tarihten günümüze kadar geçen süreçte yapay yem karışımlarının bileşenlerine ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır ve günümüzde yapay yem karışımlarına katılabilecek çok sayıda besin maddesi bulunmaktadır (Bhattacharyya vd., 2016; Sahu ve Samal, 2020; Dai vd., 2022). Dut yaprağının içeriğine uygun çeşitli yem maddeleri seçilerek, bu maddelerin larvanın beslenme davranışına, gelişimine ve yem karışımının fiziksel özelliklerine olan etkileri ve maliyetleri dikkate alınarak yem karışımı içindeki miktarları belirlenmekte ve uygun formülasyonlar geliştirilmektedir (Shinbo ve Yanagaw, 1994; Horie, 1995).

Uzun yıllar süren araştırmaların sonucunda ipekböceklerinin dut yapraklarında bulunan bazı bileşikler sayesinde çekme, ısırma ve yutma olmak üzere üç aşamalı bir beslenme davranışı gösterdiği saptanmıştır. Dut yapraklarında bulunan β - γ -heksenol, α - β -heksenol ve sitral'in larvaları yaprağa çekmede rol oynadığı, β -sitosterol, morin ve isoquersitrin'in yaprağı ısırma ve yutmada etkili olduğu saptanmıştır. Yapay yem karışımları ile ipekböceklerinin sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlamak için yem karışımı içerisinde çekme, ısırma ve yutmaya uyuracak bileşiklerin bulunması gerekir (Hamamura ve Naito, 1961; Hamamura vd., 1961; Shamsuddin, 2018; Yamamoto vd., 2022). Yem karışımına katılan bileşiklerinin çoğunun kendine özgü bir tadı olduğundan bu bileşikler larvaları çekebilir veya itebilir. Örneğin bazı şekerler ipekböceklerinin yem tüketimini büyük ölçüde hızlandırırken bazı amino asitler ise önemli ölçüde baskılamaktadır. Larvaların yapay yem karışımlarını kabul etmesinde kokudan çok tat önemli

olmaktadır. Bu nedenle yapay yem karışımlarındaki ana bileşenlerden birisini kurutulmuş dut yaprağı unu (tozu) oluşturmaktadır. Bu sayede yapay yem karışımlarının kabul edilmesi kolaylaşmakta hem beslenme hem de büyüme hızlanmaktadır. Taze dut yapraklarını kurutmak için 80 °C gibi yüksek bir sıcaklık tavsiye edilmez. Yüksek ısıda kurutulan bu tür yaprak unu içeren karma yemlerle beslemede larva gelişimi oldukça yavaşlamaktadır (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Horie, 1995). Günümüzde yaygın olarak kullanılan yapay yem karışımlarında kurutulmuş dut yaprağı ununun yem bileşimi içindeki (kuru ağırlık içindeki) oranı % 25 ile % 35 arasındadır (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Cappellozza vd., 2005; Dong vd., 2017, 2018; Qin vd., 2020).

Karma yemlerin ikinci ana bileşenini bir protein kaynağı olan yağı alınmış soya fasulyesi unu oluşturmaktadır. Soya proteini gibi zengin protein kaynaklarının ipekböceğinin büyümesini teşvik ettiği ve ekonomik karakterlerini iyileştirdiği bilinmektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan yapay yem karışımlarında yağı alınmış soya ununun oranı dut yaprağı ununun oranı ile benzerlik göstermekte ve (kuru ağırlık içindeki oranı) % 25 ile % 35 arasında değişmektedir (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Cappellozza vd., 2005; Dong vd., 2017, 2018; Qin vd., 2020). Yapay yem karışımı içeriği larva gelişimine (yaşına) göre değiştirilir. Özellikle 5. yaş olan son yaşta daha yüksek ipek üretimi (koza verimi) için soya ununun karışımdaki oranı kuru ağırlık bazında % 60 veya üzerine kadar artırılması önerilmektedir. Son yaş beslemesinde yem bileşiminin protein oranının yükseltilmesi, su oranının azaltılması önerilmektedir. Yem bileşiminde esansiyel olmayan amino asitlerin miktarı (alanin, sistin, glisin, serin ve tirozin gibi) arttıkça büyüme ve yem tüketimi hızlanmakta, esansiyel amino asitlerin daha yüksek bir düzeyi ise yem tüketimini azaltarak gelişimi olumsuz etkilemektedir (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Horie, 1995).

Dut yaprağındaki karbonhidrat içeriği kuru madde ağırlığına göre % 47 ile % 56 arasında değişmektedir. Ayrıca dut yaprağı bazı şekerler içerir. Bunlar arasında sakaroz ve glikoz, ipekböceği için en besleyici olanlardır (Shamsuddin, 2018;Thaipitakwong vd., 2018; Hassan vd., 2020). Yem karışımının içeriğine bağlı olarak % 3-4 sakaroz karışıma eklenmektedir (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Cappellozza vd., 2005; Dong vd., 2017, 2018; Qin vd., 2020). İpekböceği larvaları normal büyüme ve gelişmesi için linoleik ve linolenik gibi doymamış yağ asitlerine ihtiyaç duymakta ve bu yağ asitlerini dut yaprağından sağlamaktadır. Dut yaprağında stearik, linoleik ve linolenik asitler yaklaşık olarak 3:2:4 oranında bulunur ve bu üç yağ asidi toplam yağ asitlerinin % 90 veya daha fazlasını oluşturmaktadır (Shamsuddin 2018). Yapay yem karışımlarında dut yaprağı tozu ve soya gibi yağlı tohumlar da bulunduğu için karışıma ilave bir yağ asidi eklenmemektedir. Steroller, böcekler için hayatta kalma ve gelişme için çok önemlidir. Örneğin kolesterol yalnızca hücre zarlarının bileşenleri olarak değil, aynı zamanda deri değiştirme hormonları olan bazı steroidlerin öncülleri olarak da kullanılır. β -sitosterol ısırmada ve yem seçiminin aktivasyonunda rol oynamaktadır (Hamamura ve Naito, 1961; Hamamura vd., 1961; Shamsuddin, 2018). İpekböcekleri bazı steroller sentezleyemedikleri için yem karışıma % 0.3-0.5 düzeyinde sterol eklenir. İpekböceği larvalarının yem karışımını yutmada selülozun çok belirleyici olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle yem karışımlarına karışımdaki maddelerin bileşimine bağlı olarak, genellikle % 5 - % 15 arasındaki oranda selüloz tozu veya soya fasulyesi lifi, yeşil dut dalı tozu gibi selüloz kaynağı eklenmektedir. Yem karışımının yumuşaklığını, jelleşmesini sağlamak için yem karışımına % 4-8 oranında agar veya jelleştirici maddeler katılır (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Cappellozza vd., 2005; Dong vd., 2017, 2018; Qin vd., 2020).

Tuz, ipekböceği gelişimini olumlu yönde etkilemekte ve koza miktarı ve kalitesini artırmaktadır. Bu nedenle yapay yem karışımının içeriğine bağlı olarak (kuru ağırlık içindeki oranı) % 1-4 arasında tuz karışımı eklenmektedir (Hamamura ve Naito, 1961; Hamamura vd., 1961; Shamsuddin, 2018). C vitamini (L-askorbik asit), ipekböceği larvalarının büyümesi ve gelişmesi için her zaman vazgeçilmez kabul edilmiştir. İpekböcekleri C vitaminini sentezleyemezler ancak tek besin kaynağı olan taze dut yapraklarında C vitaminini ve B grubu vitaminler bol miktarda bulunur. Dut yaprağındaki C vitamini içeriği güneş ışığı eksikliği, uzun depolama ve fermantasyon nedeniyle azalabilir. Ayrıca, C vitamini içeriği ilkbahar yapraklarına kıyasla sonbaharda azalma eğilimindedir. Dut yapraklarının kurutulması, askorbik asidin tamamen yok olmasına yol açar. Dolayısıyla kurutulmuş dut yaprağı tozu askorbik asit kaynağı olarak kabul edilemez (Cappellozza vd., 2005;Sathesh vd., 2022; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Horie, 1995). Bu nedenle yapay yem karışımlarında kuru ağırlığının genellikle % 1-2'si arasında değişen bir miktarda C vitamini karışıma eklenir. B grubu vitaminlerinin karışımı da büyüme ve gelişmeyi önemli ölçüde iyileştirdiği ve kozanın ekonomik özellikleri üzerinde olumlu etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Yapay yem karışımlarına C vitaminine ek olarak B grubu vitaminlerinin karışımı da eklenmektedir (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Cappellozza vd., 2005; Dong vd., 2017, 2018; Qin vd., 2020).

Yapay yem karışımlarına uygun antimikrobiyal maddeler eklenmedikçe çok çabuk bozulabilirler. Yüksek oranda bakteri, maya, mantar küf gibi zararlı bulaşık içeren yemlerle beslenen larvalar ölecek ya da çok zayıf gelişecektir. Ayrıca kullanılan yem karışımının 27-29 °C sıcaklık ve % 70-80 nem içeren bir besleme ortamında birkaç gün bozulmadan kalması gerekir. Bazı antimikrobiyal maddeler ipekböcekleri için de zararlı olabilir. Bu nedenle ipekböceklerine zarar vermeyecek koruyucu maddeler seçilmeli ve bu maddeler güvenli dozlarda kullanılmalıdır. Genellikle yem karışımlarına sorbik asit, propionik asit ve kloramfenikol gibi birkaç farklı koruyucu madde katılır. Ayrıca sodyum dihidroasetik asit, potasyum sorbat, delvosid, dihidrostreptomisin gibi çok sayıda farklı koruyucu maddeler de kullanılmaktadır (Ito, 1980;Yehia vd., 2009).

Yem karışımları içerisindeki en maliyetli bileşenleri agar ve kurutulmuş dut yaprağı unu (tozu) oluşturmaktadır (Horie, 1995). Larvalar dut yaprağı tozu içeren yapay yem karışımlarını tercih etmelerine karşın (Paudel vd., 2020) dut yaprağı tozunun ilk üç yaş beslemesinde % 15 düzeyinde kullanımına yönelik bazı denemeler gerçekleştirilmiştir (Guncheva vd., 2021). Yem tüketiminin çok fazla olduğu 5. yaş için agar ve kurutulmuş dut yaprağı tozu miktarının azaltıldığı, soya unu ve selüloz miktarının artırıldığı yem karışımları önerilmektedir (Horie, 1995). İpekböceği besleme çalışmalarında yaprak kalitesini artırmak amacıyla, taze dut yapraklarına besin eklenmesi veya bazı bileşiklerin püskürtülmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda yapraklara antibiyotik, vitamin, probiyotik, juvenil hormon, steroid püskürtme, yaprakları % 1' lik laktik asit çözeltisi ile ıslatma, % 2' lik bal su karışımı ile ıslatma gibi birçok uygulama test edilmiştir. Benzer şekilde yapay yem karışımlarına da, bal, polen de dahil olmak üzere farklı besinler eklenerek denemeler yapılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmalarda kullanılan bazı ürünler koza kalitesini ve larva

gelişimini olumlu yönde etkilese de ekonomik açıdan uygulanabilir bulunmamıştır (Bhattacharyya vd., 2017; Moise vd., 2020; Nikolova, 2020; He vd., 2021; Shahzadi vd., 2022; Yamamoto vd., 2022).

5. İpekböcekçiliğinde Kullanılan Yapay Yem Karışım Örnekleri

İlk kez Japonya'da geliştirilen ve daha sonra bazı değişiklikler yapılan ve yaygın kullanılan yapay yem karışımı; kurutulmuş dut yaprağı tozu (% 30), yağı alınmış soya fasulyesi unu (% 28), selüloz tozu (% 15), sitrat (% 3.7), tuz karışımı (% 4), sakaroz (% 4), agar (% 7), askorbik asit (% 0.5), vitamin B karışımı (% 0.4), fitosterol (% 0.3), rafine soya yağı (%1.3) ve antiseptik (%1) maddelerden oluşmaktadır (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Horie, 1995). Cappelozza vd. (2005) 'nin geliştirdiği yapay yem karışımı içeriği (100 gram kuru ağırlıktaki miktarı) ise; kurutulmuş dut yaprağı tozu (25.0 g), yağı alınmış soya fasulyesi unu (36.0 g), buğday unu (15.0 g), mısır nişastası (4.0 g), soya fasulyesi lifi (5.0 g), sitrik asit (4.0 g), askorbik asit (2.0 g), tuz karışımı (3.0 g), agar (4.2 g), vitamin karışımı (0.4 g), sorbik asit (0.2 g), propionik asit (0.69 g), b-sitosterol (0.5 g) ve kloramphenikol' dan (10 mg) oluşmaktadır. Çin'de hem ticari olarak satılan hem de son yıllarda yapılan araştırmalarda kullanılan yapay ipekböceği yem bileşimleri temel olarak aynı maddeleri içermesine rağmen bu maddelerin karışım içerisindeki oranları değişebilmektedir. Ticari firma tarafından üretilen yapay yem karışımı dut yaprağı tozu, soya fasulyesi unu, mısır nişastası, sorbik asit, vitamin bileşikleri, inorganik tuzlar vb. içermektedir (Tao vd., 2022). Dong vd. (2017, 2018) 'nin yaptıkları araştırmalarda % 35 dut yaprağı tozu, % 35 soya fasulyesi unu, %15 yeşil dut dalı tozu, % 9.4 nişasta, % 1.5 C vitamini, % 1.5 vitamin B kompleksi, % 2 sitrik asit, % 0.4 krotonik asit ve % 0.2 kolin klorür içeren yapay yem karışımlarını kullanmışken, Qin vd. (2020) ise % 30 yağı alınmış soya fasulyesi tozu, % 25 dut yaprağı tozu, % 19.6 nişasta, % 10 selüloz tozu, % 8 agar, % 2 C vitamini, % 2 sitrik asit, % 1.5 vitamini B kompleksi, % 1 mineral tuz karışımı, % 0.5 potasyum sorbat, % 0.2 kolin klorür ve % 0.2 kalsiyum propiyonat içeren yapay yem karışımını kullanmıştır. Hindistan'da ilk iki yaşındaki ipekböceği larvalarının beslenmesi için geliştirilen ve ticari üretimi yapılan yarı sentetik yapay yem karışımı SeriNutrid'de; kurutulmuş dut yaprağı tozu (% 28), yağı alınmış soya unu (% 25), selüloz tozu (% 8), jelleştirici madde (% 7), tuz karışımı (% 4), şeker (% 3), koruyucu maddeler (% 3), sterol (% 0.3) ve diğer maddelerden oluşmaktadır (Rajaram vd., 2012; Mondal vd., 2018).

6. Yapay Yem Karışımlarının Hazırlanması

Hem bilimsel çalışmalarda kullanılan yapay yem karışımlarının hazırlanmasında hem de ticari üretilip ipekböceği yetiştiricilerinin kullanımına sunulan yem karışımlarının hazırlanmasında bazı farklılıklar olmasına karşın ipekböceği beslenmesinde kullanılacak yapay yem karışımları hazırlanırken izlenmesi gereken temel aşamalar bulunmaktadır. Bu aşamalar hazırlanacak karışımdaki yem maddelerinin tartılması, kuru toz halindeki yem maddelerinin karıştırılması, kuru karışımın su ile karıştırılması, ıslatılması, ıslak karışımın ısıtılma tabi tutulması, pişirilen karışımın soğutulması, muhafaza edilmesi ve hazırlanan yem karışımının yetiştirme tesislerine iletilmesini içermektedir (Shinbo ve Yanagaw, 1994; Horie, 1995; Thamidela vd., 2021). Rasyonun içeriğine uygun olarak tartılan ve karıştırılan toz formundaki kuru yem maddeleri belirli oranda su ile ıslatılır. Genelde kuru madde bileşimine bağlı olarak hazırlanan kuru karışım 2 ile 3 katı arasında destile edilmiş su ile karıştırılır. Yaygın kullanılan oran lölçü kuru madde ve 2.6 veya 2.8 ölçü sudur (Cappelozza vd., 2005; Qin vd., 2020; Thamidela vd., 2021). Kuru yem maddeleri su ile iyice karıştırıldıktan sonra ısıtılma tabi tutulur. Isıl işlem için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Yaygın kullanılan yöntem yem karışımının 90 ile 120 °C arasında 15-40 dakika süre ile (ort. 100 °C ve 30 dakika) otoklavda buharda pişirmeye tabi tutulmasıdır (Horie, 1995; Cappelozza vd., 2005; Qin vd., 2020; Thamidela vd., 2021; Dai vd., 2022). Bazı çalışmalarda 5-10 dakika mikrodalgada tutulması veya ambalajlandıktan sonra sıcak suda kaynatma gibi yöntemlerde kullanılmıştır (Guncheva, 2016; Moise vd., 2020). Isıl işlemden sonra yapay yem karışımı hızlıca soğutulmakta, streç filmle kaplanmakta ve buzdolabı koşullarında muhafaza edilmektedir. Yaş yemin yumuşaklığı, kıvamı içine katılan su ve agar miktarı ile ısıtılma süresi ayarlanarak düzenlenmektedir (Shinbo ve Yanagaw, 1994; Horie, 1995).

Yem karışımları genel olarak üç şekilde kullanıma sunulmaktadır. Birincisi yaş, hiçbir işlem yapmadan hemen kullanılabilir formda yapay yem karışımıdır. İkincisi hazır toz karışımlardır. Bu karışım kullanılacağı zaman 1 ölçü kuru karışım 3 ölçü 80 °C sıcaklıktaki su ile karıştırılır, soğutulur ve kullanılır. Üçüncü uygulamada ise yüksek sıcaklık ve basınç altında pelet formuna getirilen yem karışı bu şekilde sunulur ve kullanılacağı zaman uygun miktarda su içine konarak yaş yeme dönüştürülür ve kullanılır. Yapay yem karışımlarının toz ve pelet formları uzun süreli depolanması (buzdolabında yaklaşık 1 yıl depolanabilir) ve düşük taşıma maliyeti nedeniyle çok avantajlıdır. Yapay yem karışımları genellikle ilk üç yaş beslenmesinde kullanılmaktadır. Bu dönemde larvalara sağlanan yüksek sıcaklık daha fazla ağırlık artışı, daha hızlı büyümeyi sağlamaktadır. Bu nedenle yapay yem karışımı ile beslenen genç larvalar 28-29 °C gibi, dut yaprağı ile yetiştirilenlerden 1-2 °C daha yüksek sıcaklık içeren ortamda beslendiklerinde gelişmeleri daha iyi olmaktadır. Benzer şekilde ilk üç yaş döneminde yetiştirme odasının neminin % 75' in üzerinde olması yemin kurumasını önlemektedir. Dut yaprağı ile ipekböceği yetiştirmede ilk üç yaşındaki larvaların doğranmış çok taze dut yaprakları ile günde üç öğün beslenmesi gerekir. Yapay yem karışımı standart içerikte bir yem olarak gün aşırı larvalara verilmektedir. Bu durum da yaprak kalitesi ve işgücü ile ilgili konularda önemli avantaj sağlamaktadır (Ito, 1980; Shinbo ve Yanagaw, 1994; Horie, 1995; Thamidela vd., 2021).

7. Yapay Besleme İle İlgili Fizyoloji Çalışmaları

Dai vd. (2022) Çin'de yaptıkları çalışmada ipekböceği larvalarını; tüm larva dönemi boyunca dut yaprağı ile beslenenler (MG), tüm larva dönemi boyunca yapay yem karışımı ile beslenenler (AG) ve ilk üç yaş yapay yem karışımı ile son iki yaşta ise (4. ve 5. yaş) dut yaprağı ile beslenenler (AMG) olmak üzere üç gruba ayırarak beslemişler ve yapay yem karışımından dut yaprağı ile beslemeye geçişin etkilerini incelemişlerdir. Larva vücut ağırlığı, koza ağırlığı ve koza kabuk ağırlığı bakımından en yüksek değerler tüm larva dönemi boyunca dut yaprağı ile beslenen grupta elde edilmesine rağmen bu grupla ilk üç yaş yapay yem karışımı ile son iki yaşta ise dut yaprağı ile beslenen grup arasında önemli bir farklılık saptanmamış, ancak tüm larva dönemi boyunca yapay yem

karışımı ile beslenen grup önemli düzeyde daha düşük değerler göstermiştir. İlk üç yaş yapay yem karışımı son iki yaş ise dut yaprağı ile beslenen grubun tüm larva dönemi boyunca yapay yem karışımı ile beslenen gruptan önemli ölçüde yüksek değerler göstermesinin besleme rejiminin değişmesinden 72 saat sonra besin sindiriminde rol oynayan tripsin ve lipaz enzim aktivitelerinin yükselmesi ve orta bağırsaklarda metabolizma ve gelişmeyi etkileyen genlerin farklı şekilde regüle edilmesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak bu grupta besleme rejiminin değişmesinden sonra telafi edici bir büyümenin gerçekleştiği belirlenmiştir. Tao vd. (2022) benzer kurguda Çin’de yaptıkları çalışmada ise aynı şekilde oluşturulan üç besleme grubunda (MG, AG ve AMG) çok sayıda koza verim ve kalite özelliklerini incelemişler ve aynı sonuca ulaşmışlardır. Araştırmacılar üç gruba ait 5. yaşın üçüncü günündeki (bu evre larva gelişiminin sınırı, büyük miktarda ipek proteini sentezleme aşamasının başlangıcı olarak kabul edilmiştir) larva örneklerinin hemolenfinde LC - MS ve GC - MS yöntemini kullanarak amino asitler, ürik asit, karbonhidratlar, lipitler, vitaminler ve bazı metabolizma ürünleri ile ilgili yüzlerce metabolitin miktarı ve değişimini incelemişlerdir. Tüm larva dönemi boyunca dut yaprağı ile beslenenler grup, tüm larva dönemi boyunca yapay yem karışımı ile beslenen grupla karşılaştırıldığında sonuçlar yapay yem karışım grubunda çeşitli metabolitlerin miktar ve değişiminin daha fazla olduğu ve amino asit, ürik asit, karbonhidrat, lipid ve vitamin metabolizmasının değiştiğini göstermektedir. Yapay yem karışımı grubundaki ipekböceklerinin düşük performans göstermesinde bu değişikliklerin etkili olabileceği ifade edilmiştir. Qin vd. (2020) ise larva dönemi boyunca tamamen dut yaprağı ve tamamen yapay yem karışımı ile beslenen ipekböceği larvalarına ait 5 yaşın ortasında aldıkları dışkı örneklerinde 129 kimyasal bileşiği GC - MS yöntemi ile belirlenmiş ve karşılaştırılmışlardır. Ayrıca iki gruba ait larva ağırlığı, koza ağırlığı, koza kabuk ağırlığı gibi özellikleri de karşılaştırmışlardır. Dut yaprağı ile beslenen grupta yapay yemle beslenen gruba oranla larva ağırlığı, koza ağırlığı ve koza kabuk ağırlığı daha yüksek bulunmuştur. Dut yaprağı ile yetiştirilen ipekböceği larvalarının dışkı ile karşılaştırıldığında yapay yem karışımı ile beslenen ipekböceği larvalarının dışkıdaki aminoasit, karbonhidrat ve lipid içerikleri belirgin olarak azalırken üre, sitrik asit, D-pinitol, D-(+)-cellobiose ve N-asetil glukozamin düzeyleri nispeten daha yüksek bulunmuştur.

Dong vd. (2017) yapay yem karışımları ile beslenen ipekböceklerinin zayıf gelişiminden ve düşük ipek protein sentezinden sorumlu mekanizmaları araştırmak amacıyla 14 generasyon seleksiyon yaparak yapay yem karışımını % 100 sindiren (Hi) ve hiç sindiremeyen ve bu nedenle larva döneminin başlangıcında açlıktan ölen (Lo) iki hat kullanmışlardır. Araştırmacılar, her iki hattı larva dönemi boyunca dut yaprağı ile beslemişler ve ayrıca Hi hattını larva dönemi boyunca yapay yem karışımı ile beslemişler ve beşinci yaşın ortalarında üç gruptan aldıkları larva örneklerinin hemolenfinde LC - MS ve GC - MS yöntemini kullanarak tespit ettikleri 130 metaboliti karşılaştırmışlardır. Yapay yem karışımı ile beslenen ipekböceği larvalarının hemolenfinde vitaminlerin kritik derecede yetersiz olduğu, buna karşılık nitrojen metabolizmasının son ürünü olan üre ve ürik asidin önemli ölçüde yüksek olduğu görülmüştür. Yapay yem karışımı ile beslenen ipekböceği larvaların hemolenfinde amino asit, karbonhidrat ve lipid metabolizması ile ilgili bazı metabolitlerde de farklılıklar saptanmıştır. Ayrıca erkek larvaların hemolenfinde dişilere oranla ürik asit, 3-hydroxypropanoik asit, 2-aminobutirik asit, oksalik asit, benzoik asit, üre, gliserol, beta-alanin ve glutarik asit düzeyleri önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Aynı araştırma ekibi tarafından daha sonra benzer kurguda yapılan başka bir araştırmada ise, yapay yem karışımını çok iyi sindiren Hi ve Gs hatları ile yapay yem karışımını sindiremeyen Lo ve L7 hatları kullanılmış ve 4 hat larva dönemi boyunca dut yaprağı ile beslenmiş, ayrıca yapay yem karışımını iyi sindiren iki hat (Hi ve Gs) larva dönemi boyunca yapay yem karışımı ile de beslenmiş ve tüm gruplardan 5. yaşın 5. gününde alınan larva örneklerinde bağırsak mikrobiyotaları incelenmiştir (Dong vd., 2018). Cyanobacteria, Firmicutes, Proteobacteria, Bacteroidetes ve Actinobacteria bütün gruplardaki ipekböceği larvalarının bağırsaklarında en çok bulunan bakteriler olmuştur. Yapay yem karışımı ile beslenen hatlarda bağırsak mikrobiyota çeşitliliği daha düşük bulunmuştur. İpekböceği dut yapraklarından yapay yem karışımları ile beslenmeye geçtiğinde, bağırsak mikrobiyotasındaki değişiklikler konakçı besin metabolizmasını ve bağırsıklık direncini etkilemiştir.

8. Sonuç

Günümüzde, yaygın olarak Japonya’da ve az da olsa Hindistan’da ıslah edilmiş polifag ipekböceği hatları kullanılarak koza kalitesinde bir sorun yaşanmadan ipekböceği larvaları ilk iki yaş süresince yapay yem karışımları ile beslenmektedir. Yapay yem karışımı kullanımının yaygınlaşmamasında en belirleyici etkeni yem ham maddelerinin fiyatı, yapay yemin maliyeti oluşturmaktadır. Bu nedenle koza kalitesini olumsuz etkilemeden yem maliyetini düşürecek karışımlarla ilgili yoğun çaba sarf edilmektedir. Japonya’da yapay yem karışımları ile ipekböceği larvalarının 4. yaşın sonuna kadar beslenmesi ve son (5.) yaşta dut yaprağına dönülmesi konusunda pilot uygulamalar yapılmaktadır. Tek haftalık dut yaprağı ile ipekböceği yetiştirme sistemi olarak önerilen bu sistemde yılda 10 kez koza hasadı yapmak mümkün olmaktadır. Çin de ise ipekböcekleri için yapay yem üretimi yapılmakta, bilimsel çalışmalarda ve çok küçük ölçeklerde kullanılmakta ancak koza üreticileri için ekonomik olmadığından dolayı yaygın olarak kullanılmamaktadır. Yoğun ıslah çalışmaları ile geliştirilmiş bazı polifag ipekböceği hatları larva dönemi boyunca sadece yapay yem karışımları ile beslenmiş ve dut yaprağı ile beslenenlerden göz ardı edilebilecek düzeyde düşük koza üretmeyi başarmışlardır. Ancak ipekböceği larvalarının larva dönemi boyunca sadece yapay yem karışımları ile beslenmesi ekonomik olmadığı için ticari üretimde kullanılmamaktadır. Özellikle ipekböceği koza üretiminin yaygın olarak yapıldığı ülkelerde yapay yem karışımlarının kullanımını artırmak için hem düşük maliyetli yem karışımlarının geliştirilmesine hem de yapay yem karışımlarına olumlu tepki veren, uyum yeteneği yüksek polifag hatların geliştirilmesine yönelik çalışmalar yoğun olarak yapılmaktadır.

Ülkemizde ipekböceği yetiştiriciliği uzun yıllardır desteklenmesine karşın bir türlü istenilen düzeye ulaşamamıştır. Ayrıca son yıllarda yaşanan özellikle ilaçlamalardan ve çöl tozlarından kaynaklanan yaprak kalitesi ile ilgili sorunlardan dolayı da yaş koza üretiminde önemli düşüşler olmuştur. Ülkemizde ipekböceği yetiştiriciliği hemen hemen sıfır girdi kullanımı ile yapılan bir yetiştiriciliktir. Ülkemizde yem ham maddelerinin fiyatları da oldukça yüksektir. Bu nedenle yapay yem karışımı kullanımı ilave bir maliyet yaratacağından tercih edilmeyecektir. Ayrıca ülkemizdeki ipekböceği hatlarının yapay yem karışımı ile beslemeye uygun olup olmadığı bilinmemektedir. Bu konuda bir seleksiyon yapılmadığı için mevcut hatlarla yapay besleme yapmakta olanaklı değildir. Diğer taraftan ipekböceği larvalarının ilk üç yaşta tükettikleri dut yaprağı miktarı toplam tüketimin % 2 sini 4. yaşın sonunda ise %

12' sini oluşturmaktadır ve bu süreçte yüksek sıcaklık, nem ve kaliteli dut yaprağı gerekmektedir. Bu nedenle de önemli kayıplar yaşanmaktadır. Maliyet analizleri yapılarak ve yapay yem karışımlarına uygun hibridler ülkemize getirilerek Koza Birliğin toplu inficar tesislerinin bulunduğu illerde yapay yem karışımı ile ilk üç yaş larvalar beslenip yetiştiricilere 4. yaş larvaları dağıtma seçeneği değerlendirilmelidir. Böylece dut yaprağı ile 15 günlük bir yetiştirme ile koza üretim faaliyeti gerçekleştirilebilir. Ayrıca ipekböceği yetiştiricilerinin ardı ardına iki koza hasadı yapma imkânı da olabilir. Geçmişte ülkemizde yaygın olarak yapılan sonbahar beslemesi tekrar canlandırılarak Bulgaristan' da olduğu gibi yaprak kalitesinin düşük olduğu bu dönemde birinci ve ikinci yaş ipekböcekleri yapay yem karışımı ile beslenebilir. Sonuç olarak yapay yem karışımı ile ilgili çalışmaların ülkemizde de yapılması ülkemiz ipekböceği yetiştiriciliği ve bilimine önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynakça

- Anonim, (1970). Method of raising silkworms on artificial feed. *United States Patent Office*, Patent No: 3488196.
- Avramova, K. (2020). Study of the technological characters of silkworms (*Bombyx mori* L.) on artificial diet. *Scientific Papers Series D. Animal Science*, 63(2), 13-18.
- Avramova, K., Tzenov, P. and Grekov, D. (2020). Silkworms (*Bombyx mori* L.) rearing using artificial diet during the summer. *Scientific Papers Series D. Animal Science*, 63(1), 19-24.
- Bhattacharyya, P., Jha, S., Mandal, P. and Ghosh, A. (2016). Artificial diet based silkworm rearing system-A Review. *Int J Pure App Biosci.*, 4 (6), 114-122.
- Bhattacharyya, P., Jha, S., Ghosh, A. and Mandal, P. (2017). Effect of artificial diet components with antioxidant activity on mulberry leaf dependent silkworm rearing system. *Harvest*, 2, 31-48.
- Cappelozza, L., Cappelozza, S., Saviane, A. and Sbrenna, G. (2005). Artificial diet rearing system for the silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae): effect of vitamin C deprivation on larval growth and cocoon Production. *Appl Entomol Zool.*, 40 (3),405–412.
- Dai, M., Feng, P., Mao, T., Gu, H., Bian, D., Sun, H., Li, F., Wei, J. and Li, B. (2022). Study of compensatory growth based on different nutrition conditions of *Bombyx mori*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25, 101948.
- Dong, H.L., Zhang, S.X., Tao, H., Chen, Z.H., Li, X. and Qiu, J.F. (2017). Metabolomics differences between silkworms (*Bombyx mori*) reared on fresh mulberry (*Morus*) leaves or artificial diets. *Scientific Reports*, 7, 10972.
- Dong, H.L., Sheng-Xiang Zhang, S.X., Chen, Z.H., Tao, H., Li, X., Qiu, J.F., Cui, Sima, Y.H., Cui, W.Z. and Xu, S.Q. (2018). Differences in gut microbiota between silkworms (*Bombyx mori*) reared on fresh mulberry (*Morus alba* var. *multicaulis*) leaves or an artificial diet. *RSC Advances*, 8, 26188.
- Fukuda, T., Suto, M. and Higuchi, Y. (1960). Silkworm raising on the artificial food. *J Seric Sci.*, 29, 1-3.
- Guncheva, R., Tsenov, P. and Vasileva, Y. (2021). Productivity of newly created F1 tetrahybrids of the silkworm *Bombyx mori* L. reared with artificial diet low in mulberry powder. *Bulg J Agric Sci.*, 27 (6), 1221–1226.
- Hamamura, Y., Hayashiya, K. and Naito, K. (1961). β -sitosterol as one of the biting factors. *Nature*, 190 (4779), 880–881.
- Hamamura, Y. and Naito, K. (1961). Citral, linalyl acetate, linalool, and terpinyl acetate as attractants of larvae. *Nature*, 190 (4779), 879–880.
- Hamano, K., Miyazawa, K. and Mukaiyama, F. (1986). Racial difference in the feeding habit of the silkworm, *Bombyx mori*. *J Insect Biochem Seric.*, 55, 68–72.
- Hassan, F., Arshad, M.A., Li, M., Rehman, M.S., Loor, J.J. and Huang, J. (2020). Potential of mulberry leaf biomass and its flavonoids to improve production and health in ruminants: Mechanistic insights and prospects. *Animals*, 10, 2076.
- He, Z., Fang, Y., Li, D.C., Chen, D.S. and Wu, F. (2021). Effect of lactic acid supplementation on the growth and reproduction of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Journal of Insect Science*, 21(2), 7; 1–6.
- Horie, Y. (1972) Artificial diet of silkworms. *38th symposium of Sericulture Association of Japan*, 11-24.
- Horie, Y. (1995). Recent advances of nutritional physiology and artificial diet of the silkworm *Bombyx mori*, in Japan. *Korean J Seric Sci.*, 37(2), 235-243.
- Ito, T. and Tanaka, M. (1960). Rearing of the silkworm on an artificial diet and the segregation of pentamolters. *J Seric Sci.*, 29, 191-196.
- Ito, T. (1980). Application of artificial diets in sericulture. *JARQ*.14 (3), 163-168.
- Kanda, T., Tamura, T. and Inoue, H. (1988). Feeding response of the silkworm larva to the LP-1 artificial diet designed by a linear programming method and its inheritance. *Journal of Insect Biotechnology and Sericology*, 57, 489–494.
- Krishnaswami, S., Narasimahanna, M.N., Suryanarayn, S.K. and Kumararaj, S., (1973). Sericulture Manual, *J Silkworm Rearing*, FAO, Rome. 13.1.
- Moise, A.R., Pop, L.L., Vezeteu, T.V., Agoston, B.D., Pasca, C. and Dezmirean, D.S. (2020). Artificial diet of silkworms (*Bombyx mori*) improved with bee pollen - biotechnological approach in global centre of excellence for advanced research in sericulture and promotion of silk production. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 77(1), 51-57.
- Mondal, M., Tandon, B. and Radhakrishna, P.B. (2018). SeriNutrid- a balanced nutrient diet for silkworm (*Bombyx mori* L.) chawki rearing. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, IJARIT*, 4(2), 42-47.
- Nair, J.S., Kumar, S.N. and Nair, K.S. (2011). Development of bivoltine pure strains of silkworm, *Bombyx mori* L. to rear exclusively on artificial diet during young instar. *Journal of Biological Sciences*, 11, 423-427.
- Nihmura, M. (1972). Rearing of the silkworm *Bombyx mori* on the artificial feed by adapting the changes in feeding palatability according to larval growth. *J Seric Sci* , 41, 375-382.
- Nikolova, T. (2020). Growing mulberry silkworm with artificial diet with added extract *Tribulus terrestris* L. *Bulg J Agric Sci.*, 26 (5), 1041–1046.

- Paudel, A., Panthee, S., Hamamoto, H. and Sekimizu, K. (2020). A simple artificial diet available for research of silkworm disease models. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 14(4), 177-180.
- Qin, D.Y., Wang, G.H., Dong, Z.M., Zia, Q.Y. and Zhao, P. (2020). Comparative fecal metabolomes of silkworms being fed mulberry leaf and artificial diet. *Insects*, 11, 851.
- Rajaram, S., Qadri, S.M.H., Bindroo, B.B., Radhakrishnan, S., Reddy, P.M.M. and Prakash, M.R.S. (2012). Efficacy of artificial diet on growth and cocoon characters of silkworm (*Bombyx mori* L.) PMxCSR2 cross breed. *Journal of Bioindustrial Science*, 1(1), 15-18.
- Sahu, B.K. and Samal, I. (2020). Role of artificial diets in sericulture. *AgriCos-e Newsletter*, 1(4), 57-58.
- Sathesh, K. and Evangelin, W.K. (2022). Effect of artificial diet with vitamin C on the rearing fibroin and sericin content of silkworm *Bombyx mori* L. *International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)*, 4 (1), 707-710.
- Saviane, A., Toso, L., Righi, C., Pavanello, C., Crivellaro, V. and Cappellozza, S. (2014). Rearing of monovoltine strains of *Bombyx mori* by alternating artificial diet and mulberry leaf accelerates selection for higher food conversion efficiency and silk productivity. *Bulletin of Insectology*, 67 (2), 167-174.
- Shahzadi, N., Tahir, H.M., Ali, S., Bhatti, M.F., Azizullah, Khan, S.Y. and Khaliq, A. (2022). An overview of sericulture and enhanced silk production in *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) through artificial diet supplementation. *Punjab Univ J Zool.*, 37(1), 07-17.
- Shamsuddin, M. (2018). *Silkworm physiology*. New Delhi, Daya Publishing House.
- Shinbo, H. and Yanagaw, H. (1994). Low-cost artificial diets for polyphagous silkworms. *JARQ* 28, 262-267.
- Şahan, Ü. (2011). *İpekböcekçiliği*. Dora Yayıncılık Ltd. Şti. Bursa.
- Tao, S., Wang, J., Liu, M., Sun, F., Li, B. and Ye, C. (2022). Haemolymph metabolomic differences in silkworms (*Bombyx mori* L.) under mulberry leaf and two artificial diet rearing methods. *Arch Insect Biochem Physiol.*, 109:e21851.
- Thaipitakwong, T., Numhom, S. and Aramwit, P. (2018). Mulberry leaves and their potential effects against cardiometabolic risks: a review of chemical compositions, biological properties and clinical efficacy. *Pharmaceutical Biology*, 56 (1), 109-118.
- Thamidela, M.D., Bagde, A.S. Hole, U.B. and Jadhav, P.S. (2021). Effect of natural and artificial diets on growth parameters of kolar gold, silkworm. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 10 (03), 1725-1732.
- Tzenov, P. (2012). Artificial food for bubbling. *Silk Textile Cluster*. <https://centerofsilk.wordpress.com/tag>
- Wang, H., Li, F., Qu, J., Mao, T., Chen, J., Li, M., Lu, Z., Fang, Y., Shi, G. and Li, B. (2019). The mechanism of damage by trace amounts of acetamiprid to the midgut of the silkworm, *Bombyx mori*. *Environ Toxicol*, 34 (9), 1043-1051.
- Yamamoto, M., Machida, J., Shinohara, M., Igarashi A. and Kawahara, Y. (2022). Influence of tobiko-mixed artificial diet on textile properties of *Bombyx mori* silkworm cocoons. *Journal of Natural Fibers*, 19(13), 5851-5861.
- Yehia, W.H., Abd El-Aziz, M.M. and El-Karaksy, I. A. (2009). Effect of supplementing artificial diet with certain antiseptics on the growth and productivity of the silkworm *Bombyx mori* L. *Alexandria Science Exchange Journal*, 30 (1), 71-75.
- Zhang, Z.J., Zhang, S.S., Niu, B.L., Ji, D.F., Liu, X.J., Li, M.W., et al. (2019). A determining factor for insect feeding preference in the silkworm, *Bombyx mori*. *PLoS Biol*, 17(2), e3000162.