

PAPER DETAILS

TITLE: Sürdürülebilir Beslenme Kapsamında Yenilebilir Böcekler

AUTHORS: Selen SEYHAN,Emine NAKILCIOGLU

PAGES: 1166-1178

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2603591>

Derleme Makalesi/Review Article

Sürdürülebilir Beslenme Kapsamında Yenilebilir Böcekler

Edible Insects with in Scope of Sustainable Nutrition

Selen Seyhan^{1*}, Emine Nakilcioğlu²

Geliş / Received: 18/08/2022

Revize / Revised: 15/11/2022

Kabul / Accepted: 02/12/2022

ÖZ

İlerleyen yıllarda dünya nüfusunun 9 milyarı geçeceği öngörülmektedir. Artan nüfus, şehirleşme oranının büyümesi, ekonomik nedenler ve bazı çevresel faktörler nedeniyle, insanların yeterli miktarda hayvansal ürün kaynaklarına ulaşmada büyük sorunlar yaşayacağı düşünülmektedir. Bu sebeple geleneksel protein kaynakları yetersiz kalacak olup, yenilebilir böceklerin alternatif protein kaynakları olarak hesaba katılması gerekecektir. Günümüzde karıncalar, çekirgeler, arılar, eşek arısı, cırcır böcekleri ve daha nicesinin dahil olduğu birçok böcek türü yenilebilmektedir. Dünyada yaklaşık olarak 1.900'den fazla böcek türünün yenilebilir olduğu, bu böcek türlerinin insan gıdası olarak kullanıldığı ve dünya çapında yaklaşık 2 milyar insanın böcek tükettiği bilinmektedir. Bitkisel ve hayvansal proteinler ile böcek proteinleri karşılaştırıldığında esansiyel aminoasit profili, toplam protein seviyesi ve diğer besin değerleri bakımından yenilebilir böcekler değerli kaynaklardır. Ayrıca elde edilen biyoaktif maddeler sağlığın geliştirilmesi ve hastalıkların önlenmesinde kullanılabilmektedir. Literatürde gıda alanında yenilebilir böcekler ile ilgili çalışmalar mevcuttur ve her geçen gün artmaktadır. Bu derleme çalışmasında, yenilebilir böceklerden olan kriket böceği (*Acheta domestica*), un kurdu (*Tenebrio molitor*), siyah asker sineği (*Hermetia illucens*), çekirge (*Locusta migratoria*) ve ipek böceği (*Bombyx mori*) ile ilgili bilgi verilmesi ve gıda alanında kullanımı hakkında bilgi aktarımının sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler- Alternatif Gıda, Entomofaji, Gıda Kullanımı, Yenilebilir Böcekler

ABSTRACT

It is predicted that the world population will exceed 9 billion in the following years. It is thought that people will have great problems in reaching sufficient animal product resources due to the increasing population, growing urbanization rate, economic reasons, and some environmental factors. For this reason, traditional protein sources will be insufficient and edible insects will have to be taken into account as alternative protein sources. Many insect species are edible today, including ants, grasshoppers, bees, wasps, crickets and more. It is known that more than 1,900 insect species are edible in the world; these insect species are used as human food, and approximately 2 billion people worldwide consume insects. When plant and animal proteins and insect proteins are compared, edible insects are valuable sources in terms of essential amino acid profile, total protein level, and other nutritional values. In addition, the obtained bioactive substances can be used in the promotion of health and the prevention of diseases. There are studies on edible insects in the field of food in the literature and they are increasing day by day. In this review, information about the edible insects cricket (*Acheta domestica*), mealworm (*Tenebrio molitor*), black soldier fly (*Hermetia illucens*), grasshopper (*Locusta migratoria*) and silk worm (*Bombyx mori*) aimed at providing information transfer and their use in food.

Keywords- Alternative food, Entomophagy, Food use, Edible insect

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: selenseyhann@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-6354-4687>)

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

²İletişim: emine.nakilcioglu@ege.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0003-4334-2900>)

Gıda Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

I. GİRİŞ

Günümüzde 1.3 milyar insanın gıdaya ulaşmakta güçlük çektiği bilinmektedir. Bu doğrultuda dünya nüfusunun her geçen gün artması açlık konusunda zorluklar meydana getirmektedir [1, 2]. Dünya nüfusunda bu artış ile doğru orantılı olarak hayvansal protein alımının artacağı öngörülmektedir [2]. Küresel anlamda hızla ilerleyen deformasyonlar nedeniyle hayvansal ürünlerin yerine yeni alternatifler üretilmelidir. Bu deformasyonlara sebebiyet veren neden ise insan nüfusunun 2.7 milyardan 6 milyara kadar artmasıdır [3]. Son 5 yıl içerisinde insan nüfusunun artışı et tüketiminin yılda 45 kg'dan 233 milyar kg'a kadar artmasına sebep olmuştur [4]. Son yıllarda yaşanan nüfus artışı ve hayvansal protein talebi, bilim insanlarını ve üreticileri alternatif hammaddeler üzerinde yoğunlaşmaya sevk etmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, insanların beslenmesinde alternatif bir hammadde ve kaliteli protein kaynağı olarak böceklerin kullanılabileceğini göstermektedir [5]. Diğer hayvansal kaynaklar ile karşılaştırıldığında böceklerin çevreye olan zararı yok denecek kadar azdır [6]. Yapılan çalışmalarda yenilebilir böceklerin esansiyel aminoasit içeriğinin; toplam protein, yağ, mineral ve vitaminlerce yüksek olması, yemden yararlanma oranlarının yüksek olması (hayvanın yemden yararlanma oranını arttırarak alınan yumurta, süt, ağırlık vb. ürünlerde artış gerçekleşir) ve hızlı üremeleri nedenleriyle sürdürülebilir protein kaynağı olarak değerlendirilebileceklerini göstermektedir [7].

Tüketicilerin gıda tüketimini kültür, din ve inanışlar etkilemektedir [8]. Böceklerin bir gıda maddesi olarak kullanımı konusunda var olan toplumsal ön yargılar sebebiyle olumsuz yaklaşımlar gösterilse de araştırmalar doğrultusunda yenilebilir böcekler alternatif protein kaynağı ve sürdürülebilir gıdalar olarak görülmektedir [3]. Tüketicinin olumsuz tavrını azaltabilecek stratejiler gıda alanında son yıllarda araştırma konusu olmaktadır [9]. Yenilebilir böceklerin unlarının kullanılması, izole edilmiş bileşenlerin dahil edilmesi gıdalarda tüketicinin tercihini değiştirebilecek stratejiler içerisinde yer almaktadır [10, 11]. Yenilebilir böceklerin özellikle unlu mamullere un ve toz şeklinde eklenmesi veya ikame edilmesi tüketilmesini kolaylaştırarak, böcek bazlı gıdalardaki olumsuz tavrı azaltacaktır [12].

Gıda güvenliği ve potansiyel sağlık yararları yenilebilir böcekler konusunda yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. İncekara (2017), sucul böceklerin protein potansiyelinin Türkiye'de en üst düzeyde yararlanmak amacıyla öneriler sunmuştur [13]. İnsan kan hücreleri üzerinde genotoksik ve oksidatif etkilerini incelemek amacıyla böcek ekstraktlarının incelediği çalışmalar bulunmaktadır [14-19]. Aydoğan vd. (2018), sucul bir böcek türü olan *Cybister limbatus*'un içeriğindeki ağır metalleri belirlemek amacıyla çalışmalarını yapmışlardır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ağır metallerin konsantrasyonları risk oluşturmadığından tüketim için uygun olduğu görülmüştür [20]. Karada yaşayan böcek türleri gibi sucul böceklerde mantar yapıları taşıyabilir. Bu amaç doğrultusunda Özdal vd. (2012)'nin yaptıkları çalışmada *Hydrophilus piceus* ve *Dytiscus marginalis* türlerinin iç ve dış yüzeylerindeki mikrofungal florayı incelemişlerdir. Çalışmada izole edilen mantarlar arasında patojen veya toksijenik olarak bir risk görülmemiştir [21]. Ağır metallerin, oksidatif ve genotoksisite etkilerinin incelenmesi ile potansiyel sağlık riskleri değerlendirilebilir [19].

Yenilebilir böcekler olan ilginin artmasıyla birlikte böcek endüstrisi gelişmektedir [22]. Böceklerin endüstriyel üretimi ile daha az toprak ve su kullanımı, daha düşük sera gazı emisyonları ve daha yüksek yem dönüşüm verimliliği gibi birçok çevresel avantaj sağlanmaktadır [23, 24]. Böcekler, aynı zamanda hayvan yemi olarak da çevre dostu ve sürdürülebilir bir besin kaynağıdır. Böcekler, yem dönüşümü açısından sığır ve tavuk gibi diğer hayvanlara kıyasla daha verimlidir [24, 25]. Bu amaçlar doğrultusunda teknolojik donanımlara sahip çiftlikler kurulmaktadır. Oluşturulan çiftliklerde bilimsel araştırmalar geliştirilmektedir [26]. Bazı böcekler bulundukları ortamda, hayvan ve insan atıkları gibi organik atıkların değerlendirilmesinde rol oynamaktadır. Bu sayede, atıkların dönüştürülmesi ve çevre temizliği de sağlanmaktadır [27, 28].

Entomofaji terimi, bir besin kaynağı olarak böceklerin tüketilmesidir [29]. Eski medeniyetlerden kalan çizimlerde ve diğer kayıtlarda, böceklerin tüketildiğine dair kayıtlar mevcuttur [30]. Günümüzde ise değerli ve güvenli bir gıda ve gıda maddesi olabilecek birçok böcek türü bulunmakta olup yaklaşık bu böcek türlerinden 1900'den fazlası insanlar tarafından tüketilmektedir [31, 32]. Ek olarak, 2000'den fazla böcek türünün 113 ülkede yenilebilir olduğu bildirilmiştir [33]. İnsanlar tarafından en çok tüketilen böcek türleri; tırtıllar, arılar, karıncalar ve eşek arısıdır. Ayrıca ağustos böceği, çekirge, cırcır böceği, kara asker sineği, yusufçuk gibi türler de tüketilebilmektedir [34]. Yenilebilir böceklerde yapılan araştırmalara göre, yüksek miktarda yağ, protein, vitaminler ve mineral maddeler bulunmaktadır [7, 35]. Böceklerin protein içerikleri günümüzde oldukça ilgi görmektedir [31]. Böcek proteinleri, çevre dostu olarak kabul edilir. Ayrıca sindirilebilirliği bakımından olumlu özellikleri olduğu görülmüştür [36]. Yenilebilir böcekleri gıda alanında incelemek istersek, tek başına bir gıda ürünü veya herhangi bir gıdayı zenginleştirmek için bir kaynak olarak kullanıldıkları görülmektedir. Krakerler,

kekler, enerji barları ve diğer birçok fonksiyonel gıda ürünlerinde yenilebilir böceklerin kullanılabilirliği, çalışmalarla ortaya konulmuştur [31, 37]. Ticari olarak ise farklı yenilebilir böcek türlerinden kek, atıştırma kraker, mısır cipsi, makarna, ekmek gibi ürünler Amerika Birleşik Devletleri, Tayland, Avusturya ve Almanya’da yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır [38]. Bu derleme çalışmada, yenilebilir böceklerden olan kriket (cırcır böceği), un kurdu, siyah asker sineği, çekirge ve ipek böceği ile ilgili genel bilgi verilmesi ve gıda alanında yapılan çalışmaları hakkında bilgi aktarımının sağlanması amaçlanmıştır.

II. YENİLEBİLİR BÖCEKLERİN BESİN DEĞERLERİ

A. Kriket (*Orthoptera: Gryllidae, Cırcır Böceği*)

Bildirilen en yaygın türler arasında *Brachytrupes membranaceus*, *Gryllus assimilis*, *Gryllus bimaculatus*, *Gryllus testaceus* ve *Acheta domesticus* bulunmaktadır [39]. Ev cırcırları (*Acheta domesticus*) İsveç’te bulunması ile en yaygın tüketilen cırcır böceği türüdür [39, 40]. Ev cırcırları organik materyaller ile beslenmektedir [41]. Memeli besi hayvanlarına kıyasla cırcır böceklerinin yem dönüştürme verimlilikleri yüksektir [39]. Kalabalık koşullarda cırcır böcekleri (2000 böcek /m²) 20 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda yaşayabilmektedir. Bu nedenler doğrultusunda yetiştirilmesi ve erişimi kolay olmaktadır [41]. Cırcır böcekleri, yenilebilir böceklerin küresel pazarının %31.6’sını oluşturmaktadır. Yaygın olarak tüketiminin Tayland’da tercih edildiği bilinmektedir [42].

Yenilebilir cırcır böcekleri, protein, yağ, karbonhidrat ve lif açısından zengin kaynaklar olduğundan alternatif bir besin kaynağı olarak düşünülmektedir (Tablo 1). Besin içeriği, türler arasında farklılık göstermektedir [39, 42]. Yetişkin bir cırcır böceği 120 kcal/100gr enerji vermektedir [30]. Vitamin bakımından değerlendirilirse, ev cırcır böceği içeriğinde, askorbik asit, niasin, riboflavin, tiamin ve folik asit bulunduran zengin bir kaynaktır. Yapısında iz miktarda B₁₂ vitamini de bulunmaktadır [43, 44]. 100 g cırcır böceği numunesi, 19.22 g esansiyel aminoasitleri içermektedir. En çok bulunan esansiyel amino asitler valin, izolösin, lösin, lizin, treonin ve histidin’dir. Esansiyel olmayan aminoasitlerden ise, aspartik asit, alanin, arginin, glutamik asit, glisin, prolin, tirozin ve serin bulunmaktadır [45]. Domuz ile cırcır böceklerinin aminoasit içeriği karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edilmiştir [39]. Mineral bakımından da oldukça zengin olan cırcır böcekleri, içeriğinde kalsiyum, potasyum, çinko, magnezyum, fosfor, sodyum ve demir içermektedir [43]. Demir ve çinko insan sağlığı için oldukça önemlidir. Biyoerişilebilirliği bakımından demir ve çinko değerleri (mg/100g) cırcır böceğinde sırasıyla, 4.21 ± 0.42 ve 5.90 ± 0.68 bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada, cırcır böceği için yapılan haşlanma ve kavurma işlemlerindeki kayıplar incelenmiştir. Minimum kayıp kavurma işleminde gerçekleştiği görülmüştür [46]. Cırcır böceklerinin içeriğinde yüksek miktarda triaçilgliserol bulunmaktadır. Ayrıca, kolesterol, gliseritler, serbest yağ asitleri, fosfolipitler ve mum esterleri ise az miktarda bulunmaktadır [43]. Yapılan duyu analizlerde cırcır böceğinin aroması, odun aroması-ceviz ve tahıl aroması şeklinde belirtilmiştir [47].

Tablo 1. Yaygın olarak tüketilen beş cırcır böceği türüne ait besin içerikleri (g/100g KM) [42]

Tür	Ülke	Besin Değerleri			
		Protein	Yağ	Karbonhidrat	Lif
<i>A. domesticus</i>	Tayland	71.70 ± 0.5	10.40 ± 0.1	1.60 ± 0.1	4.60 ± 0.2
<i>G. bimaculatus</i>	-	57.49 - 70.10	14.93 - 33.44	-	9.53 ± 0.46
<i>B. membranaceus</i>	Kenya	53.4 ± 0.19	15.80 ± 0.23	15.10 ± 0.22	6.30 ± 0.14
<i>G. testaceus</i>	Çin	58.30 ± 0.9	10.30 ± 0.3	-	-
<i>G. bimaculatus</i>	Tayland	60.70 ± 0.4	23.40 ± 0.1	0.10 ± 0.01	10.00 ± 0.3

B. Un Kurdu (*Coleoptera: Tenebrionoidea, Tenebrio molitor*)

Kın kanatlı (*Coleoptera: Tenebrionoidea*) grubuna giren un kurtları, batı iklim koşullarında çiftliklerde veya evlerde yetiştirilmektedir [41]. Hollanda’da yaygın olarak özel marketlerde insan gıdası olarak sunulmaktadır. Yem kaynağı bakımından oldukça popülerdir [48]. Hepçil (omnivor) olarak bilinen un kurtları, buğday kepeği, soya unu, yağsız süt tozları ile beslenebilmektedir [41]. Un kurtlarının diğer böcek türlerinde de görüldüğü gibi birim kg üretimleri için sera gazı ve amonyak salınımları, sığırlara kıyasla daha düşüktür [49]. 28 °C’de %30-55 nem içeriğinde optimum gelişme gösterirler. %70 ve üzeri nem koşullarında gelişim gösteremezler [50]. Birçok böcek türünde bilinen anti-obezite ve anti-trombotik etkinin, un kurdunun tüketimiyle de ortaya çıktığı

bilinmektedir [51]. Ek olarak un kurdu larvalarının karaciğerdeki lipid düzeylerini ve homosisteini düşürücü etki gösterdiği görülmüştür [52]. Sarı un kurdunun larva evresinde iken enerji değeri 498.68 kcal/100g KM olarak bulunmuştur [53]. Kurutma yöntemlerine göre değişen un kurtlarının besin içeriği ise Tablo 2’de gösterilmiştir [54, 55]. Kitin içerikleri ile ilgili yapılan çalışmada, un kurdundan elde edilen kitinin verimliliği 4.72g kitin /100g kurutulmuş yemek kurdu tozu olarak tespit edilmiştir [48].

Un kurdunda yüksek miktarda bulunan aminoasitler; arginin, histidin, lösin, lizin ve valin; az miktarda bulunan aminoasitler ise izolösin, triptofan, metionin ve treonin’dir [54]. Esansiyel olmayan amino asitler bakımından un kurdu, alanin, aspartik asit, prolin ve glutamik asit içermektedir [56]. Yağ asidi bileşimi açısından ise, yüksek miktarda linoleik asit, oleik asit, linolenik asit, palmitik asit, pentadekanoik asit ve palmitoleik asit içerirken takiben, laurik asit, miristik asit, stearik asit, dekanik asit ve araşidonik asit de içermektedir [56, 57]. Yapılan bir çalışmada, un kurdu örneklerinde bulunan makro elementler, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum ve potasyum; iz elementler, çinko, demir, bakır ve mangan şeklinde tanımlanmıştır. Konsantrasyonları incelendiğinde ise magnezyum, fosfor ve çinko içeriğinin yüksek miktarda olduğu; kalsiyum, sodyum ve demir içeriğinin ise düşük olduğu görülmüştür [55]. Yapılan duyuşsal analizlerde un kurdunun aromasının, buğday ekmeği gibi tahıl aromaları ile birlikte fındık aroması şeklinde algılandığı belirtilmiştir [47].

Tablo 2. Kurutma yöntemlerine göre un kurduna ait besin değerleri [54, 55]

Parametre	Taze	Geleneksel kurutulmuş	Vakumla kurutulmuş	Dondurularak kurutulmuş
Nem (g/100 g)	62.87 ± 0.27	-	1.70 ± 0.09	9.83 ± 0.03
Protein (g/100 g KM)	53.23 ± 0.28	57.8	53.23 ± 0.20	52.23 ± 0.19
Yağ (g/100 g KM)	27.13 ± 0.03	23.8	29.57 ± 0.02	26.80 ± 0.06
Lif (g/100 g KM)	6.47 ± 0.09	5.33	6.83 ± 0.03	7.53 ± 0.09
Kül (g/100 g KM)	3.27 ± 0.12	5.24	3.40 ± 0.15	7.53 ± 0.09
Karbonhidrat (g/100 g KM)	7.18	11.45	-	-

C. Siyah Asker Sineği (Diptera: Stratiomyidae, *Hermetia illucens*)

Siyah asker sineği, organik atıkları yüksek kaliteli proteine dönüştürmeleri, çeşitli hayvanlar için yem olarak kullanılmaları ve belirli zararlı bakteriler ve haşereleri kontrol etmeleri ile bilinmektedir [58]. Siyah asker sineği larvaları insan dışkısı ile beslenirken; ergin sinekleri beslenmemektedir. Dolayısıyla hastalık bulaştırıcı özellikte değildir [59]. Bilindiği üzere kara asker sineği, protein ve diğer besin bileşenleri açısından zengin bir kaynaktır. Öldürme yöntemlerine göre besin içeriklerinin değiştiği belirtilmektedir (Tablo 3). Hangi yöntemin iyi olacağı, çalışma grubuna göre değişiklik göstermektedir [60]. Yaklaşık olarak verdiği enerji değeri 180 kcal/100g olarak bulunmuştur [61]. Siyah asker sineğinde bulunan aminoasitler miktarlarına göre yüksekte düşüğe doğru, glutamik asit, aspartik asit, alanin, tirozin, lösin, arginin, lizin, prolin, izolösin ve metionin şeklinde sıralanabilir [60]. Yüksek miktarlarda mineral içeriği olan siyah asker sineği, kalsiyum, fosfor, magnezyum, potasyum, manganez, demir, çinko, arsenik ve bakır içermektedir [60, 62]. Laurik asit, palmitik asit, oleik asit, stearik asit ve palmitoleik asit bakımından zengin olan siyah asker sineği, ayrıca miristik asit, linolenik asit, araşidonik asit ve kaprik asit yağ asitlerini de bileşiminde bulundurmaktadır [62]. Lezzet benzerliği gösterdiği gıda ise kepek ekmeği olarak tanımlanmıştır [63].

Tablo 3. Siyah asker sineğine ait öldürme yöntemlerine göre değişen besin içerikleri (g/100g KM) [60]

Parametreler	Öldürme Yöntemleri					
	Mekanik		Boğulma		Sıcaklık	
	Karıştırma	Dondurma	CO ₂	Vakum	Ağartma	CO ₂ + Ağartma
Kuru madde	95.7	96.6	96.1	95.5	97.4	97.2
Ham kül	7.29	7.30	7.50	7.44	7.04	6.90
Ham protein	39.3	44.9	46.8	52.5	46.3	44.6
Ham lif	10.2	9.22	9.29	9.51	9.66	9.77

D. Çekirge (Orthoptera)

Dünya genelinde yaklaşık 80 tür çekirge tüketilmektedir. Orthoptera takımına dahil olan çekirgeler, genellikle olgun olduğunda kızarma, kavurma veya haşlama işlemlerine tabi tutularak tüketilir [3,41]. Japonya’da oldukça yaygın olarak hasadı yapılmaktadır. *Arphia fallax*, *Boopendon flaviventris*, *Melanoplus mexicanus* ve *Locusta migratoria* gibi çekirge türleri gıda olarak tüketilmektedir [64]. Genel olarak çekirge türlerinin diğer yenilebilir böcek türleri ile karşılaştırıldığında en yüksek ham protein değerini vererek yaklaşık olarak ortalama %61 olduğu belgelenmiştir [65]. Türlerin yetiştiği koşullara bağlı olarak çekirgelerin besin içerikleri farklılık göstermektedir (Tablo 4) [66, 67]. Vücudun işleyişinde düzenleyici olarak görev alan vitaminler bakımından çekirgeler iyi bir kaynaktır. Örneğin, *Zonocerus variegatus* (yetişkin) türü, insan vücudundaki günlük A vitamini ihtiyacının tamamını karşılamaktadır. Ek olarak çekirgeler, E vitamini, C vitamini, B₂ vitamini ve B₃ vitamini açısından da değerli bir kaynaktır [66]. Esansiyel aminoasit içeriği bakımından, lösin, treonin, histidin, lisin, metionin, fenilalanin, valin ve triptofan; esansiyel olmayan aminoasit içeriği bakımından ise alanin, aspartik asit, arginin, glutamik asit, tirozin, prolin ve serin içermektedir [45]. Çoğu çekirge türünde, magnezyum, sodyum, kalsiyum, potasyum, demir, çinko, manganez ve selenyum bulunmaktadır [45, 66]. Çekirgelerin yağ asidi bileşimleri çekirgenin türüne, gelişim evrelerine, diyetlerine ve çevresel faktörlere göre değişmektedir. Çoğu çekirge türünde linoleik asit ve α -linolenik asit yüksek oranda bulunurken; palmitik asit, stearik asit ve palmitoleik asit daha düşük oranlarda yer almaktadır. Doymuş yağ asitleri ise toplam yağ asidi içeriğinin yaklaşık olarak %30’unu oluşturmaktadır [66]. Çekirgenin verdiği aromanın karides, et suyu ve ceviz aroması şeklinde olduğu belirtilmiştir [47, 38, 68].

Tablo 4. Bazı çekirge türlerinin yaklaşık besin içeriği (g/100g KM) [66, 67]

Türler	Protein	Yağ	Lif	Karbonhidrat	Kül
<i>Arphia fallax</i>	71.30	6.52	11.58	8.11	2.41
<i>Boopendon flaviventris</i>	59.30	11.00	10.10	16.59	2.98
<i>Sphenarium purpuracens</i>	52.60	19.56	11.04	14.49	2.31
<i>Locusta migratoria</i>	61.3	13.4	9.6	13.0	3.9

E. İpek Böceği (Lepidoptera: Bombycidae, Bombyx mori)

Pul kanatlılar (Lepidoptera) takımına ait olan ipek böcekleri, yüksek verimleri nedeniyle böcekçilik endüstrisinin önemli bir parçasıdır [30, 69]. Tüm yaşam döngüsü yumurta, larva, pupa ve ergin dönem olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. İpekböcekçiliği endüstrisinde, kozalardan ipek elde edilmesinin ardından, ipek böceği pupası elde edilir. Bu kısım atık madde olarak değerlendirilirken çevre kirliliğine ve kötü kokuya neden olmaktadır [69]. Bu nedenle, değerlendirilmesi oldukça önemlidir [67]. Aminoasit ve mineraller bakımından önemli bir kaynak olan ipek böceği, besin içeriği ile dikkat çekmektedir (Tablo 5) [53, 69]. Vitamin açısından da zengin olan ipek böceği, pupa evresinde iken, miktarı en yüksekten düşüğe doğru olmak üzere, demir, çinko, bakır, selenyum, fosfor, potasyum, sodyum ve kalsiyum içermektedir [70]. Aminoasit profili incelendiğinde, yüksek miktarda aspartik asit (%10.7), glutamik asit (%11.1) ve prolin (%8.2) bulunduğu görülmüştür [71]. Ayrıca içeriğinde, treonin, fenilalanin, valin, histidin, izolösin ve lizin bulunmaktadır. Omega-3, omega-6 ve omega-9 yağ asitlerini içermektedir [69]. Bunların dışında ipek böceğinin palmitik asit, palmitoleik, stearik, oleik asit ve lignoserik asit içerdiği de belirtilmektedir. Yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere, pupa evresinde diğer evrelere kıyasla yağ asidi içeriğinin daha yüksek olduğu bulunmuştur [72]. Ek olarak, ipek böceğinin antinutrisyonel maddeler içerdiği de belirtilmiştir. Bunlar saponinler (7 mg/g), alkaloidler (8,61 mg/g), oksalatlar (0,1 mg/g) ve fitatlarıdır. [31]. Ayrıca yapılan bir çalışmada antinutrisyonel olarak değerlendirilebilecek arsenik, brom, rubidyum, stronsiyum ve kurşun tespit edilmiştir [22]. İpek böceğinin enerji değeri yaklaşık olarak 509.03 kcal/100g KM’dir [53].

Tablo 5. İpek böceğinin pupa evresine ait besin içeriği (g/100 g KM) [53,69]

	Protein	Yağ	Karbonhidrat	Kül	Lif
İpek Böceği	60.03	29.47	0.92	5.79	3.32

III. GIDA ALANINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kowalczewskivd (2021), kriket tozu (CP) ile zenginleştirilmiş glutensiz ekmeklerin (GF) biyolojik aktivitesini karakterize etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, kriket tozu %2, %6 ve %10 oranlarında nişasta ikameli glutensiz ekmekler hazırlanmıştır. Kontrol örneği olarak buğday unu ile hazırlanan referans ekmeği de (RB) üretilmiştir. Nişastanın, %2, %6 ve %10 (sırasıyla BCP2, BCP6 VE BCP10) miktarında CP ile değiştirilmesi, protein içeriğini sırasıyla iki, dört ve yedi kat artması ile sonuçlanmıştır. Enerji değerinde anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Besin bileşimi için yapılan hesaplamalarda en iyi sonucu BCP10 örneğinin verdiği gözlemlenmiştir. Kalsiyum, demir, potasyum ve magnezyum için değerler %1-2 aralığından %3-4 aralığına yükselmiştir. Sodyum içeriği de analiz edilen numunelerde benzer sonuçlar vermiştir. En yüksek artışı (yaklaşık %5'lik artış) bakır, fosfor, manganez ve çinko mineralleri vermiştir. CP ilavesi ile hazırlanan ekmekteki yağ asidi profili değişmiştir. Oleik asit, CP ilavesindeki artışla bir düşüş göstermiştir. Linoleik asit, GF ile BCP10 arasında %18,56'dan %25,29'a yükselmiştir. Aynı şekilde palmitik asit ise, RB örneğinde %4,04'ten BCP10 ekmeğinde %8,80'e yükselmiştir. Genel olarak, CP ilavesindeki artış ile çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve doymuş yağ asitleri (SFA) içeriğinde artış gözlemlenirken; tekli doymamış yağ asitlerinde (MUFA) azalma olduğu tespit edilmiştir. CP ile değiştirilen nişasta miktarındaki artış ile, ekmekteki polifenol içeriğinin %336 arttığı (RB'ye karşı BCP10) gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak CP ilavesi ile antioksidan aktivite de artış göstermiştir. Vücut sıvılarındaki β -glukuronidaz aktivitesinin seviyesi, belirli patolojik durumların tanısında potansiyel bir biyobelirteçtir. Çalışmada β -glukuronidaz aktivitesi de incelenmiştir. BCP6 ve BCP10 kullanılması, bağırsak mikrobiyotasında ortalama %63,5'luk azalmaya neden olmuştur. Bu sonuçla CP'nin yeni bir β -glukuronidaz inhibitörü olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak, kriket tozu glutensiz fonksiyonel gıdaların üretimi için umut verici bir hammadde [73].

Cruz-López vd. (2022), sosislerde et bağlayıcı olarak kullanılan patates nişastasının yerine çekirge ununun kullanımını araştırmışlardır. Protein içeriğini arttırmayı ve tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini sağlamayı amaçlamışlardır. Sosisler, Kontrol, F1, F2, F3 ve F4 şeklinde hazırlanmıştır. Numuneler kontrol, F1, F2, F3 ve F4 şeklinde adlandırılarak çekirge unu sırasıyla %0, %3, %5, %7 ve %10 konsantrasyonlarında ve patates nişastasını ise sırasıyla %10, %0, %3, %5 ve %7 şeklinde içecek şekilde formüle edilmiştir. Çekirge, sosis içinde kullanılması için un haline getirilmiştir. Un yaklaşık olarak %48 nem, %6.7, yağ ve %45 protein içermektedir. Kavurma işlemi sırasında çekirgelede kararırma görülmüştür. Bu kararırma, aminoasitlerin ve şekerlerin varlığı nedeniyle Maillard reaksiyonunun gerçekleşmesinden olabilmektedir. Çalışmada numunelerin dokusal özellikleri (sertlik, esneklik, yapışkanlık, çiğneme) ve renk parametreleri incelenmiştir. Sonuç olarak, en yüksek sertliğe sahip olan formülasyonun F2 olduğu, kontrol numunesine göre tüm formülasyonların sertlik içeriğinin önemli ölçüde artış gösterdiği belirtilmiştir. Esneklik ve yapışkanlık özellikleri bakımından formülasyonlar arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır ($p>0.05$). Çiğneme özelliği çekirge unu artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Besin içeriği açısından incelemek gerekirse, su aktivitesi ve yağ değerleri, kontrol numunesiyle diğer formülasyonlar arasında önemli bir fark göstermemiştir. Protein içeriği çekirge ununun artması ile anlamlı bir yükselme göstermiştir ($p<0.05$). Sodyum içeriği de anlamlı ölçüde artmıştır ($p<0.05$). Sosisler için duyu analizi uygulanmıştır. Panelistler tarafından tasvir edilen aromalar, sirke kokusu, soğan kokusu, baharatlı, biber kokusu ve bitki kokusu şeklindedir. Panelistlerin en çok beğendiği formülasyonların F1 ve F2 olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmayla çekirgenin pişmiş bir et ürününe et bağlayıcısı olarak dahil edilebileceği ortaya çıkmıştır. Ayrıca çekirgenin protein miktarı ve kalitesi ile beslenme açısından sosislerin katma değerini arttırdığı görülmüştür [74].

Biro vd. (2019), ipek böceği ile zenginleştirilmiş karabuğday makarnasının gelişimini, teknolojik ve duyu analizi değerlendirmesini yapmayı amaçlamışlardır. Makarna formülasyonlarında besin içeriği bakımından zengin olan karabuğday unu kullanılmıştır. Kontrol (F1, %0 ipek böceği tozu, 100 g karabuğday unu), F2 (%5 ipek böceği tozu, 95 g karabuğday unu), F3 (%10 ipek böceği tozu, 90 g karabuğday unu), SW0 (%20 buğday glütini, %0 ipek böceği tozu, 80 g karabuğday unu), SW5 (%20 buğday glütini, %5 ipek böceği tozu, 75 g karabuğday unu) ve SW10 (%20 buğday glütini, %10 ipek böceği tozu, 70 g karabuğday unu) formülasyonlarına göre makarnalar hazırlanmıştır. %5 ipek böceği tozu eklenmesi protein içeriğini 26.2 g'dan 28.2 g'a yükseltirken, %10 kullanılması 30.3 g'a yükseltmiştir. Enerji değerini ise, 100 g makarna için ortalama 2.7 kcal arttırmıştır. Yağ ve lif içeriğinde anlamlı bir değişiklik olmamıştır ($p>0.05$). Yapılan pişirme süresi analizinde ise %10 ipek böceği tozu içeren numunenin diğer iki formülasyondan daha kısa sürede piştiği gözlemlenmiştir. %5 oranında ipek böceği tozunun katılması makarnanın sertliğini ve yapışkanlığını arttırmıştır. %10 ipek böceği içerikli makarna en yüksek beğeni puanına ve en iyi beslenme parametrelerine sahiptir. Bu beğeniye, makarnanın yapışkan olmaması ile renginin ve sertliğinin uygun olması etkilidir. Sonuç olarak, makarna formülasyonunda

ipek böceği kullanımıyla protein içeriğinin artışı, duysal ve dokusal analizlerde uygun değerler elde edilmesi sebebiyle sağlıklı ürünleri zenginleştirmek amacıyla kullanılabilecek uygun bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır [75].

Roncolini vd. (2020), bir atıştırılabilir olan peksimetlerde, protein ve mineral değerlerini arttırmak amacıyla buğday unu ikamesi olarak un kurdu (*Alphitobius diaperinus*) (LP) tozunun kullanımını incelemişlerdir. Çalışmada elde edilen peksimetlerde, bileşim analizleri ile mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiş ve örneklerin duysal özellikleri değerlendirilmiştir. Buğday unu kullanılarak hazırlanan peksimet (kontrol), %10 oranında un kurdu tozu ve %90 buğday unu kullanılarak hazırlanan peksimet (LP10) ve %30 oranında un kurdu tozu ve %70 oranında buğday unu kullanılarak peksimet (LP30) hazırlanmıştır. İkame seviyesi arttıkça, protein, kül ve yağ içeriğinin doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Bu bağlamda en yüksek besin içeriği LP30 örneğinde görülmüştür. Protein içeriği, kontrol, LP10 ve LP30 için sırasıyla 12.53 g/100, 16.03 g/100g ve 22.61 g/100g şeklinde bulunmuştur. Lif içeriğinin LP30 örneğinde kontrole göre 2 kat arttığı ve yağ yüzdesinin ise 4 kat arttığı görülmüştür. Mineraller açısından değerlendirilirse, çinko, demir, magnezyum, kalsiyum ve fosfor içerikleri yaklaşık olarak 3 kat artmıştır. Mikrobiyolojik analizler sonucunda, *Bacillus* ve *Clostridium* gibi spor oluşturan bakteriler tespit edilmiştir. Böcek bazlı ürünlerde, aerobik bakteri sporlarının izlenmesi önerilmiştir. Bu bağlamda su aktivitesi değerlerine bakılmıştır. Bu değerler gelişim için uygun değerler olmadığından risk oluşturmamaktadır. Fakat güvenlik sorunlarına ilişkin endişeleri azaltmak amacıyla ikinci bir ısıtım işlemi uygulanmasının mikrobiyal yükü azaltılabileceği öne sürülmüştür. Un kurdu kullanımı ile doğru orantılı olarak esansiyel amino asitlerin (valin, treonin, izolösin, lösin, tirozin, lisin ve histidin) ve esansiyel olmayan aminoasitlerin (aspartik asit, glisin ve alanin) değerlerinin anlamlı derecede yükseldiği belirtilmiştir ($p<0.05$). Duysal analizlerde en yüksek puanı LP10, en düşük puanı ise LP30 örneği almıştır. Bu çalışmada, un kurdunun peksimetin verimliliğini ve kalitesini arttırmada yardımcı olduğu ve tüketicilerin beğenisini kazanarak endüstri için yeni bir fonksiyonel gıda eldesine imkân sağlayabileceği sonucuna varılmıştır [76].

Igual vd. (2021), un kurtları (*A. diaperinus* ve *T. molitor*) ve bezelye proteini ile zenginleştirilmiş ekmeklerin in vitro sindirimi sırasında aminoasit salınımını araştırmışlardır. Deneyde kullanılacak ekmekleri üretmek için bezelye protein tozu (P), *A. diaperinus* (AD) ve *T. molitor* (TM) (%5 ve %10) kullanılmıştır. Yenilebilir böcekler ile zenginleştirmede protein içeriği önemli ölçüde artış göstermiştir. En yüksek değeri TM10 (338.2 mg/100g) vermiştir. Vücudumuzda en yüksek aminoasit salınımı bağırsakta görülmektedir. Midede salınan pepsin ile proteinler parçalanarak aminoasitlere dönüşmektedir. Parçalamadan sonra incelenen numuneler arasında aminoasit içeriklerinin sırasıyla P10, TM10, AD10, P5, AD5, TM5 ve kontrol (C) şeklinde olduğu görülmüştür. Bu bağlamda bezelye ve un kurdu çeşitlerini gıdada kullanmak, vücut emilimi için kontrole göre daha yüksek aminoasit erişilebilirliği sunmuştur. Çalışmada 20 esansiyel aminoasitten 9 tanesinin (histidin, izolösin, lösin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin) yüksek değerler verdiği belirtilmiştir. Ek olarak aspartik asit, taurin, gama aminobütirik asit (GABA), arginin ve sitrülün değerleri kontrol ve bezelye proteini ile zenginleştirilmiş örneklerine göre un kurdu ile zenginleştirilen örneklerde daha yüksek değerler vermiştir. Ekmek içindeki zenginleştirme konsantrasyonunun artmasıyla toplam aminoasit salınımının olumlu yönde etkilendiği tespit edilmiştir. Toplam aminoasit salınımı bakımından en iyi sonucu bezelye tozu ile zenginleştirilen örnek verirken; %10 konsantrasyonda un kurdu ile zenginleştirilen ekmeklerde de aminoasit salınımı bakımından tatmin edici değerler bulunmuştur [77].

Biro vd. (2020), lif, protein, B vitamini ve mineral içeriği yüksek olan yulaf ürünlerinin, böcek tozları ile zenginleştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Esas amaç, yulaf unu yerine kriket tozu kullanılabilirliğini incelemek olmuştur. Bunun için yulaf ile üretilen bisküvilerde farklı miktarlarda öğütülmüş kriket kullanılmıştır. Nihai ürünün dokusal, duysal ve besin bileşimi hakkında gerekli analizler yapılmıştır. Tüm bisküvilere renk farklılıklarını gidermek amacıyla %20 oranında karabuğday unu ilave edilmiştir. CP0, CP5, CP10 VE CP15 formülasyonlarında sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranlarında kriket tozu, %80, %75, %70 ve %65 oranlarında yulaf unu kullanılmıştır. 100 g'da CP5 örneğinde 9.48 g, CP10 örneğinde 12.97 g ve CP15 örneğinde ise 14.71 g protein içerdiği bulunmuştur. Karbonhidrat ve enerji düzeylerinde anlamlı bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Lif içeriği zenginleştirme ile orantılı olarak azalma (7g/100g'dan 5.98g/100g'a kadar azalma) göstermiştir. Avrupa Birliği'nin 1924/2006 sayılı Beslenme ve Gıdalara İlişkin Sağlık İddiaları Yönetmeliği'ne göre "bir gıdanın protein kaynağı olduğu iddiası, ancak gıdanın içeriğinde en az %12 oranında protein olması şeklinde sağlanmaktadır." ifadesi bulunmaktadır. Bu ifadeye göre %10 ve %15 oranında kriket tozuyla zenginleştirilmiş bisküvilere "protein kaynağıdır" denilebilir. Kriket tozunun artışı ile bisküvilerde, renkte koyulma gözlemlenmiştir. Literatür ile karşılaştırıldığında birçok nedenden dolayı kaynaklandığı fakat diğer çalışmalarla benzer bir eğilim sergilediği görülmektedir. Sertlik analizine göre numuneler arası anlamlı bir fark görülmemiştir

($p>0.05$). 50 kişilik panelist grubu ile duyuşal analizler gerçekleştirilmiştir. Panelistler tarafından bisküviler genellikle koyu ve kahverengi renge, ayçiçeği kokusuna, gevrek ve yapışkan dokuya, ayçiçeği çekirdeği tadına, yanmış tada, balık tadına, acı ve baharatlı tada sahip şekilde değerlendirilmiştir. Duyusal analizlerde CP5 örneği, diğer örneklerle göre daha çok beğenilmiştir. Diğer örneklerin daha az beğenilmesinin ana nedenleri, kahverengi renk ve yanmış tada sahip olmaları olarak açıklanmıştır. Böceklerle zenginleştirilmiş unlu mamullerdeki bu sorunu çözmek için farklı böcek türleri kullanımına ve daha fazla analize ihtiyaç duyulmaktadır [78].

Günümüzde yenilebilir böcekler, yaygın olarak gıda veya yem olarak kullanılmaktadır. Böcekler, yağ asitleri bileşimi bakımından zengin olsalar da genellikle düşük omega-3 ($n-3$) içeriğine sahiptirler. Buna rağmen yenilebilir böceklerin omega-6/omega-3 oranı yüksektir. Oonincx vd. (2020), üç böcek türünün diyetinde keten tohumu yağı kullanarak, beslenmenin böceklerin yağ asidi bileşimleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Cırcır böceği (*Acheta domesticus*), un kurdu (*Alphitobius diaperinus*) ve kara asker sineği (*Hermetia illucens*) türlerinde, %0, %1, %2 ve %4 oranlarında keten tohumu yağı ile zenginleştirilen bir diyet uygulanmıştır. Diyetlerin ve böceklerin yağ asidi profilleri GC-MS ile belirlenmiştir. Yetiştirilme koşulları tüm böcekler için aynı olacak şekilde ayarlanmıştır. Üç tür, uygulanan kontrol diyetiyle hayatta kalmıştır. Keten tohumu ile zenginleştirilmiş diyetle beslenmeleri sonucunda böceklerin oleik asit ve linolenik asit içerikleri anlamlı ölçüde artmıştır ($p<0.05$). Omega-3 içeriği, kriket için %0.8'den %12.7'ye, un kurdu için %1.2'den %10.9'a ve kara asker sineği için ise %0.5'ten %9.7'ye artış göstermiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), omega-6/omega-3 oranının 5:1-10:1 aralığında tutulmasını önermektedir. Diyetle keten tohumu ilavesi ile yenilebilir böceklerin besin içeriğindeki bu oran artırılabilir. İnsan tüketimi için en uygun değerler, kriket ve un kurdu için %2, kara asker sineği için %1 keten tohumu yağının diyetle ilavesi ile elde edilmiştir. Uygulanan bu yöntemin, gıdalarda ve yemlerde yenilebilir böceklerin kullanımında elde edilen verimi daha da yükseltebileceği sonucuna varılmıştır [79].

Akande vd. (2020), bisküvi formülasyonlarına ipek böceği ve çekirge tozları ile zenginleştirme uygulayarak, elde edilen bisküvilerin fizikokimyasal, duyuşal ve dokusal özelliklerini değerlendirmiştir. Kontrol bisküvisi %15 oranla yağsız süt tozu ile hazırlanmıştır. Diğer formülasyonlarda yağsız süt tozu yerine ipek böceği ve çekirge tozları kullanılmıştır. İpek böceği tozu kullanılması ile bisküvilerin protein içeriği 60.7 g/100g; çekirge kullanılması ile bisküvilerin protein içeriği ise 43.2 g/100g olarak bulunmuştur. Yağ ve enerji içerikleri de ipek böceği tozu kullanılarak formülasyonu geliştirilen bisküvi örneğinde daha fazla bulunmuştur. 3 örnek içinde dokusal analizler yapılmıştır. Bütün örnekler yüksek yayılma oranı göstermiştir. Yüksek yayılma oranı, yüksek gluten mukavemeti içindeki lipit dağılımı ile ilişkilendirilmiştir. Çekirge tozu ile zenginleştirilmiş bisküvide vitaminler ve mineraller anlamlı ölçüde yüksek çıkmıştır. Çekirgenin askorbik asit ve pro-vitamin A açısından yüksek olduğu bilindiğinden beklenen bir sonuç elde edilmiştir. Ek olarak çinko, fosfor ve potasyum ipek böceği ve yağsız süt tozu ile üretilen bisküvilere kıyasla çekirge tozu ile üretilen bisküvide anlamlı ölçüde fazla bulunmuştur. Duyusal analizlerde en çok beğenilen, yağsız süt tozu ile üretilen bisküvi (kontrol örneği) olmuştur. Fakat ipek böceği ve çekirge tozunun kullanılmasıyla elde edilen bisküvilerde, panelistlerden kabul edilebilir puanlar almıştır. Alternatif protein kaynakları olarak yenilebilir böcekler kullanılarak önemli besin içeriğine sahip bisküvilerin geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır [80].

Montevicchi vd. (2021), kara asker sineğinin, buğday ekmeğini fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri bakımından güçlendirmek amacıyla çalışmışlardır. Buğday ekmeği için BSFP20 örneği 20 g kara asker sineği 980 g buğday unu, BSFP40 örneği 40 g kara asker sineği 960 g buğday unu içerecek şekilde formülize edilmiştir. Buğday ekmeğine kara asker sineği ununun formülasyona eklenmesi mineral ve protein içeriğini arttırmıştır. BSFP40 unu örneğinde toplam aminoasitler önemli ölçüde artarken, valin, treonin, lizin ve fenilalanin esansiyel amino asitleri 3-4 katına çıkarak çalışmada dikkat çekmektedir. BSFP40 unu ile üretilen ekmekte de benzer sonuçlar görülmüştür. Fizikokimyasal sonuçlar değerlendirildiğinde önemli bir fark yaratmayarak sonuçlar olumlu çıkmıştır ($p>0.05$). Duyusal olarak değerlendirildiğinde her iki un örneği ile üretilen ekmeklerde kabul edilebilir değerler alınırken, BSFP20 örneği panelistlerden daha yüksek sonuçlar almıştır. Sonuç olarak kara asker sineğinin buğday ununu güçlendirdiği ve ticari olarak kara asker sineği ile buğday ununu formülize ederek ekmek üretimi için yol gösterici olmuştur [81].

Et analogları, konvansiyonel et ürünlerinden proteince zengindir. Ayrıca su aktiviteleri düşük (<0.90) olduğundan raf ömrü uzundur. Kim vd. (2022), kurutulmuş et analoguna 0, 20, 40 ve 60 oranlarında un kurdu (*T. molitor*) ekleyerek fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Un kurdu oranının artması nemli içeriğinde ve su aktivitesinde yaklaşık %8'lik bir azalmaya neden olmuştur. Beklendiği üzere toplam protein oranını arttırarak %60 oranında un kurdu eklenen et analogunda valin, histidin, izolösin, treonin ve lizin esansiyel aminoasitleri artış göstermiştir. Esansiyel olmayan amino asitlerinde ise tirozin, glisin ve alanin yaklaşık %79 oranında artmıştır. Artan un kurdu ile protein denatürasyonunun önlenmesi ve dokusal özelliklerin daha iyi

korunduğu görülmüştür. Sonuç olarak, diğer et analogları yerine un kurdu ile hazırlanan et analogu besin içeriği bakımından benzer veya daha iyi sonuçlar vermiştir [82].

David-Birman vd. (2022), dondurma formülasyonuna %1, %4 ve %7 oranlarında ipek böceği tozu ilave etmişlerdir. Ek olarak formülasyona duyuşal değeriendirme için %2.5 ipek böceği tozu içeren dondurmada eklenmiştir. İpek böceği tozunun kitin bakımından zengin olduğu daha önceki çalışmalarda ortaya konmuştur. Kitin içeriği dondurmada bazı dokusal özellikleri değışirmiştir. Hacim yüzdesi, ipek böceği tozuna bağı olarak azalmıştır. İpek böceği tozu arttıkça, yüzey gerilimi arttığından hava kabarcıkları görünümü azalmıştır. Kitin içeriğinden dolayı dondurmanın viskozitesinde önemli bir rol oynamıştır. İpek böceği tozu eklenmesi viskozitede artışa ve krema hacminde azalmasına neden olmuştur. Dondurmada oluşun köpüğün kremadan ayrılması gözlemlenmiş, bu durum ise raf ömründe iyileşme sağlamıştır. Doku analizinde yapışkanlık ve sertlik değerielerini değıştirerek dondurma dokusuna olumlu özellikler kazandırmıştır. Duyusal değeriendirmede dondurmada ipek böceğinin oranı arttıkça tadın yoğunlaşmasından kaynaklanan ağızda kalan tat hissi artmıştır. %1'den %4 içeriğine doğru alınan puanlar azalsa da %2.5 oranda dondurma formülasyonuna eklenmesi kabul edilebilirler. Sonuç olarak ipek böceği tozunun dondurma formülasyonuna eklenmesi gıdanın içeriğini güçlendirerek değeri bir beslenme potansiyeline sahiptir [83].

Sriprablon vd. (2022), *T. molitor* ve *Z. atratus* unları ile kurabiyelerin besin içeriğini zenginleştirmeyi ve fonksiyonel özelliklerini arttırmayı amaçlamışlardır. Kurabiye formülasyonuna buğday unu ikamesi yaparak *T. molitor* ve *Z. atratus* unlarını %10, %20 ve %30 oranlarında eklemişlerdir. Protein içeriği %30 oranında *T. molitor* unu içeren kurabiyede %56.7, %30 oranında *Z. atratus* unu içeren kurabiyede %58.7 arttırmıştır. Un kurtlarının kurabiyede buğday unu ikamesi olarak kullanımı nem içeriğini iyileştirerek raf ömrünü arttırmıştır. Renk ölçümlerinde genel olarak kurabiyelerin rengi koyulaşmıştır. Pişirme işlemine bağı olarak amino asitler ile proteinlerin amin grupları arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu ile açıklanabilir. Un kurtları unu ile zenginleştirilmiş kurabiye hamurunda sertlik artmış ve hamurun mukavemetini olumsuz yönde etkilenmiştir. Duyusal değeriendirmede böcek unu artması ile alınan puanlar azalmıştır. *T. molitor* ve *Z. atratus* unu ile %20 ikame düzeyine kadar kabul edilebilir puanlar aldığı ortaya konmuştur. Sonuç olarak *T. molitor* ve *Z. atratus* unlarının kurabiye formülasyonuna dahil edilmesi protein içeriğini arttırarak, kurabiye üretiminde kullanılmak üzere böcek unlarının yenilikçi ve sürdürülebilir içerik kaynağı olabileceğini göstermiştir [84].

IV. SONUÇLAR

Böcekler, küresel proteini taleplerini karşılamaya yardımcı olabilecek ve böylece küresel gıda güvenliğine katkıda bulunabilecek alternatif bir protein kaynağı olarak önerilmektedir. Yenilebilir böcek tüketimi ile insan diyetinde gerekli olan günlük vitamin, mineral ve esansiyel aminoasit ihtiyacı sağlanabilmektedir. Yenilebilir böceklerin insan sağlığını geliştirmede olumlu etkisinin olduğu bilinmektedir. Fakat gıda güvenliği ile ilgili toplumlarda bir önyargı mevcuttur. Bu önyargıları kırmada yenilebilir böceklerin beslenme açısından üstünlüklerinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Yenilebilir böcekler potansiyel alerjenik, toksik veya antinutrisyonel riskleri taşıdıklarından, araştırmalarda ve tüketimde gıda güvenliğini sağlamak önemlidir. Ülkemiz araştırmacıları tarafından yenilebilir böceklerin gıda güvenliği hakkında yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Yenilebilir böceklerin beslenme açısından bazı üstünlükleri, yenilebilir böcekler protein açısından oldukça zengin bir içeriğe sahiptirler ve B₁₂ içerikleri biftekten 20 kat daha fazladır; kalsiyum oranları süttten daha yüksektir; içerdikleri yararlı probiyotikler sayesinde bağırsaklar için faydalıdır ve kitin açısından oldukça zengindirler. Böcek unları ve tozları ile zenginleştirme çalışmaları unlu mamullerde oldukça yaygındır. Diğer gıdalarda kullanımı hakkında çalışmalar hız kesmeden devam etmektedir. Literatürde gıda güvenliği, üretim aşamaları, mevzuatların geliştirilmesi, tüketici kabulü ve pazar uygulamalarının iyileştirilmesi gibi konular hakkında daha fazla çalışmaya gerek duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] FAO, (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations World Health Organization, Sustainable Healthy Diets Guiding Principles. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, <http://www.fao.org/3/ca6640en/CA6640EN.pdf> / (Erişim: 25.05.2022).
- [2] FAO, (2017). The Future of Food and Agriculture, Trends and Challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf> / (Erişim: 25.05.2022).
- [3] Van Huis, A., & Oonincx, D. G. (2017). The Environmental Sustainability of Insects as Food and Feed, A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5), 1-14.

- [4] Van der Spiegel, M., Noordam, M. Y., & Van der Fels- Klerx, H. J. (2013). Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 12(6), 662-678.
- [5] Van Huis, A. (2020). Insects As Food and Feed, A New Emerging Agricultural Sector: A Review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 27-44.
- [6] Imathi, S. (2020). Benefits and Food Safety Concerns Associated with Consumption of Edible Insects. *NFS Journal*, 18, 1-11.
- [7] İpçak, H. H., Özürtemen, S., Alçıçek, A., & Özdeş, H. (2018). Alternatif Protein Kaynaklarının Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları. *Hayvansal Üretim*, 59(1), 51-58.
- [8] Özkan, M., & Güneş, E. (2020). Alternatif Gıda Kaynağı Olarak Yenilebilir Böceklerin Kullanımına Dair Bakış Açılarının Değerlendirilmesi. *Journal Of Tourism and Gastronomy Studies*, 8(2), 839-851.
- [9] Perez-Santaescobal, C., De Winne, A., Devaere, J., & Fraeye, I. (2022). The Flavour of Edible Insects: A Comprehensive Review on Volatile Compounds and Their Analytical Assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 127, 352-367.
- [10] Güneş, E., & Özkan, M. (2018). Insects as Food and Feed in The Turkey: Current Behaviours. *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, 1(1), 10-15.
- [11] Delvendahl, N., Rumpold, B. A., & Langen, N. (2022). Edible Insects as Food–Insect Welfare and Ethical Aspects from A Consumer Perspective. *Insects*, 13(2), 121.
- [12] Bisconsin-Júnior, A., Rodrigues, H., Behrens, J. H., da Silva, M. A. A. P., & Mariutti, L. R. B. (2022). “Food Made with Edible Insects”: Exploring the Social Representation of Entomophagy Where It Is Unfamiliar. *Appetite*, 173, 106001.
- [13] İncekara, Ü. (2017). Opportunities For Using the Insect Potential in Wetlands of Turkey as An Alternative Protein Source. *The Black Sea Journal of Sciences*, 7(1), 117-125.
- [14] Koç, K., İncekara, Ü. & Türkez, H., (2014). Biomonitoring of the Potential of Genotoxic and Oxidative Effects of Commercial Edible Dung Beetles (Onitis Sp.), Flying Grasshopper (Caelifera Sp.) and Mole Crickets (Gryllotalpa Sp.). *Toxicology and Industrial Health*, 30(8), 683-689.
- [15] Türkez, H., İncekara, Ü., Güner, A., Aydın E., Dirican, E. & Togar, B. (2014). The Cytogenetic Effects of The Aqueous Extracts of Migratory Locust (Locusta Migratoria) in Vitro. *Toxicology and Industrial Health*, 30(3), 233-237.
- [16] Memiş, E., Türkez, H., İncekara, Ü., Banjo, A.D. & Fasunwon, B.T. (2013). In Vitro Biomonitoring of The Genotoxic and Oxidative Potentials of Two Commonly Eaten Insects in Southwestern Nigeria, *Toxicology and Industrial Health*, 29 (1), 52-59.
- [17] Türkez, H., İncekara, Ü. & Erman, O. (2010). Biomonitoring of the Genotoxic Potentials of Aqueous Extracts of Two Edible Insects Species in Vitro. *Turkish Journal of Entomology*, 34 (4), 411-417.
- [18] Koç, K., İncekara, Ü., Türkez, H. & Çelik, K. (2019). In Vitro Assessment of Genotoxic and Oxidative Effects Potentials of Edible Bamboo Worms and Weaver Ants. *Munis Entomology & Zoology*, 14 (2), 496-501.
- [19] Koç, K., Memiş, E., Polat, H., Türkez, H., & İncekara, Ü. (2012). Effects Potentials of Commercial Edible Heterometrus pinnifer in Vitro. *Munis Entomology & Zoology*, 7(1), 496-501.
- [20] Aydoğan, Z., İncekara, Ü. & Gürol, A. (2018). Preliminary Study on Edible Insect Species Cybister limatus (Fabricius 1775) and Its Heavy Element Contents. *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 28(1), 94-99.
- [21] Özdal, M., İncekara, Ü., Polat, A., Gur, Ö., Kurbanoğlu, E.B. & Taşar, G. E. (2012). Isolation of Filamentous Fungi Associated with Two Common Edible Aquatic Insects, Hydrophilus piceus and Dytiscus marginalis. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2 (1), 95-105.
- [22] Aydoğan, Z. (2021). Anthro-Entomophagy: Quantitatively Chemical Assessment of Some Edible Arthropods, Bought from an E-Shop. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 15462-15470.
- [23] Mishyna, M., Keppler, J. K., & Chen, J. (2021). Techno-Functional Properties of Edible Insect Proteins and Effects of Processing. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 56, 101508.
- [24] Güneş, E. (2018). Gastronomide Güncel Konular. Billur Yayınevi, Konya, 14, (281-308).
- [25] Nowakowski, A. C., Miller, A. C., Miller, M. E., Xiao, H., & Wu, X. (2022). Potential Health Benefits of Edible Insects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(13), 3499-3508.
- [26] Wade, M., & Hoelle, J. (2020). A Review of Edible Insect Industrialization: Scales of Production and Implications for Sustainability. *Environmental Research Letters*, 15(12), 123013.

- [27] Barbi, S., Macavei, L.I., Fuso, A., Luparelli, A.V., Caligiani, A., Ferrari, A.M., Maistrello, L. & Montorsi, M. (2020). Valorization of Seasonal Agri-Food Leftovers Through Insects. *Science of the Total Environ*, 709, 136209.
- [28] Kim, T. K., Cha, J. Y., Yong, H. I., Jang, H. W., Jung, S., & Choi, Y. S. (2022). Application of Edible Insects as Novel Protein Sources and Strategies for Improving Their Processing. *Food Science of Animal Resources*, 42(3), 372.
- [29] Kaymaz, E., & Ulema, Ş. (2020). Yenilebilir Böceklerin Menülerde Kullanılması Üzerine Bir Araştırma-Kapadokya Örneği. *Journal of Travel and Tourism Research*, (14), 46-63.
- [30] Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security (No. 171). Food and agriculture organization of the United Nations.
- [31] Skotnicka, M., Karwowska, K., Kłobukowski, F., Borkowska, A., & Pieszko, M. (2021). Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods*, 10(4), 766.
- [32] Alamu, O. T., Amao, A. O., Nwokedi, C. I., Oke, O. A. & Lawa, I. O. (2012). Diversity and Nutritional Status of Edible Insects in Nigeria: A Review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5 (4), 215-222.
- [33] Gao, Y., Zhao, Y. J., Xu, M. L., & Shi, S. S. (2021). *Clanis bilineata* tsingtauica: A Sustainable Edible Insect Resource. *Sustainability*, 13(22), 12533.
- [34] FAO (2020). Insects for Food and Feed. The Contribution of Insects to Food Security, Livelihoods and the Environment. <http://www.fao.org/edible-insects/en/> (Erişim: 26.05.2022).
- [35] Mintah, B. K., He, R., Agyekum, A. A., Dabbour, M., Golly, M. K., & Ma, H. (2020). Edible Insect Protein for Food Applications: Extraction, Composition, and Functional Properties. *Journal of Food Process Engineering*, 43(4), e13362.
- [36] Gravel, A., & Doyen, A. (2020). The Use of Edible Insect Proteins in Food: Challenges and Issues Related to Their Functional Properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, 102272.
- [37] Borges, M. M., da Costa, D. V., Trombete, F. M., & Câmara, A. K. F. I. (2022). Edible Insects as a Sustainable Alternative to Food Products: An Insight into Quality Aspects of Reformulated Bakery and Meat Products. *Current Opinion in Food Science*, 100864.
- [38] Güneş E., Özkan M. & Şahin G.R. (2018). Güncel Turizm Araştırmaları. İKSAD Yayınevi, Ankara, 156-168.
- [39] Magara, H. J., Niassy, S., Ayieko, M. A., Mukundamago, M., Egonyu, J. P., Tanga, C. M., ... & Ekesi, S. (2021). Edible Crickets (Orthoptera) Around the World: Distribution, Nutritional Value, and Other Benefits—A Review. *Frontiers in nutrition*, 7, 257.
- [40] Jansson, A. and Berggren, Å. (2015). *Insects as Food-Something for the Future 1st ed.* Sweedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, 14-20.
- [41] Özen, E. Z. (2018). Gastronomi ve Yiyecek Tarihi. Detay Yayıncılık, Ankara, 310-327.
- [42] Kemsawasd, V., Inthachai, W., Suttisansanee, U., & Temviriyankul, P. (2022). Road to the Red Carpet of Edible Crickets Through Integration into the Human Food Chain with Biofunctions and Sustainability: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(3), 1801.
- [43] da Silva Lucas, A. J., de Oliveira, L. M., da Rocha, M., & Prentice, C. (2020). Edible Insects: An Alternative of Nutritional, Functional and Bioactive Compounds. *Food chemistry*, 311, 126022.
- [44] Schmidt, A., Call, L. M., Macheiner, L., & Mayer, H. K. (2019). Determination of Vitamin B12 in Four Edible Insect Species by Immunoaffinity and Ultra-High Performance Liquid Chromatography. *Food chemistry*, 281, 124-129.
- [45] Köhler, R., Kariuki, L., Lambert, C., & Biesalski, H. K. (2019). Protein, Amino Acid and Mineral Composition of Some Edible Insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 372-378.
- [46] Manditsera, F. A., Luning, P. A., Fogliano, V., & Lakemond, C. M. (2019). Effect of Domestic Cooking Methods on Protein Digestibility and Mineral Bioaccessibility of Wild Harvested Adult Edible Insects. *Food Research International*, 121, 404-411.
- [47] Elhassan, M., Wendin, K., Olsson, V., & Langton, M. (2019). Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory, and Related Concepts. *Foods*, 8(3), 95.
- [48] Son, Y. J., Hwang, I. K., Nho, C. W., Kim, S. M., & Kim, S. H. (2021). Determination of Carbohydrate Composition in Mealworm (*Tenebrio Molitor* L.) Larvae and Characterization of Mealworm Chitin and Chitosan. *Foods*, 10(3), 640.
- [49] Smith, R., Pryor, R., (2019). Enabling the Exploitation of Insects as a Sustainable Source of Protein for Animal Feed and Human Nutrition, 46th University of Nottingham Feed Conference, United Kingdom, 5, 1.

- [50] Jozefiak, D., & Engberg, R.M. (2015). Insect as Poultry Feed. 20th European symposium on Poultry Nutrition, Prague, Czech Republic, 24, 27.
- [51] Pyo, S. J., Kang, D. G., Jung, C., & Sohn, H. Y. (2020). Anti-thrombotic, Antioxidant and Haemolysis Activities of Six Edible Insect Species. *Foods*, 9(4), 401.
- [52] Gessner, D. K., Schwarz, A., Meyer, S., Wen, G., Most, E., Zorn, H., & Eder, K. (2019). Insect Meal as Alternative Protein Source Exerts Pronounced Lipid-Lowering Effects in Hyperlipidemic Obese Zucker Rats. *The Journal of Nutrition*, 149(4), 566-577.
- [53] Kuntadi, K., Adalina, Y., & Maharani, K. E. (2018). Nutritional Compositions of Six Edible Insects in Java. *Indonesian journal of forestry research*, 5(1), 57-68.
- [54] Kröncke, N., Grebenteuch, S., Keil, C., Demtröder, S., Kroh, L., Thünemann, A. F., & Haase, H. (2019). Effect of Different Drying Methods on Nutrient Quality of the Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, 10(4), 84.
- [55] Papastavropoulou, K., Koupa, A., Kritikou, E., Kostakis, M., & Proestos, C. (2021). Edible Insects: Benefits and Potential Risk for Consumers and the Food Industry. *Biointerface Res Appl Chem*, 12, 5131-49.
- [56] Hong, J., Han, T., & Kim, Y. Y. (2020). Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal: A Review. *Animals*, 10(11), 2068.
- [57] Lenaerts, S., Van Der Borgh, M., Callens, A., & Van Campenhout, L. (2018). Suitability of Microwave Drying for Mealworms (*Tenebrio Molitor*) as Alternative to Freeze Drying: Impact on Nutritional Quality and Colour. *Food chemistry*, 254, 129-136.
- [58] Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. (2017). Nutritional Value of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) and Its Suitability as Animal Feed—A Review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120.
- [59] Sevilmiş, U., Seydosoglu, S., Ayaşan, T., Bilgili, E., & Sevilmiş, D. (2019). Siyah Asker Sineğinin (*Hermetia illucens* L.) Yem Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(4), 2379-2389.
- [60] Giannetto, A., Oliva, S., Riolo, K., Savastano, D., Parrino, V., Cappello, T., & Mauceri, A. (2020). Waste Valorization Via *Hermetia illucens* to Produce Protein-Rich Biomass for Feed: Insight into the Critical Nutrient Taurine. *Animals*, 10(9), 1710.
- [61] Matin, N., Utterback, P., & Parsons, C. M. (2021). True Metabolizable Energy and Amino Acid Digestibility in Black Soldier Fly Larvae Meals, Cricket Meal, and Mealworms Using a Precision-Fed Rooster Assay. *Poultry science*, 100(7), 101146.
- [62] Barragán-Fonseca, K. B. (2018). Flies Are What They Eat: Tailoring Nutrition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) for Larval Biomass Production and Fitness. Doctoral Dissertation, Wageningen University and Research, 19-45.
- [63] Kouřimská, L. & Adámková, A. (2016). Nutritional and Sensory Quality of Edible Insects. *NFS Journal*, 4, 22-26.
- [64] Karaman, R., & Bozok, D. (2019). Alternatif Besin Kaynağı Olarak Çekirge: Nitel Bir Uygulama. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7(3), 1573-1587.
- [65] Purschke, B., Tanzmeister, H., Meinschmidt, P., Baumgartner, S., Lauter, K., & Jäger, H. (2018). Recovery of Soluble Proteins from Migratory locust (*Locusta migratoria*) and Characterisation of Their Compositional and Techno-functional properties. *Food Research International*, 106, 271-279.
- [66] Paul, A., Frederich, M., Uyttenbroeck, R., Hatt, S., Malik, P., Lebecque, S., ... & Danthine, S. (2016). Grasshoppers as a Food Source? A Review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20, 337-352.
- [67] Meyer-Rochow, V. B., Gahukar, R. T., Ghosh, S., & Jung, C. (2021). Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods*, 10(5), 1036.
- [68] Malinga, G. M., Acur, A., Ocen, P., Holm, S., Rutaro, K., Ochaya, S., & Roininen, H. (2022). Growth and Reproductive Performance of Edible Grasshopper (*Ruspoliadiferens*) on Different Artificial Diets. *Journal of Economic Entomology*, 115(3), 724-730.
- [69] Hirunyophat, P., Chalermchaiwat, P., On-nom, N., & Prinyawiwatkul, W. (2021). Selected Nutritional Quality and Physicochemical Properties of Silkworm Pupae (Frozen or Powdered) from Two Species. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(7), 3578-3587.
- [70] Rodríguez-Ortega, A., Pino-Moreno, J. M., Ángeles-Campos, S. C., García-Pérez, Á., Barrón-Yáñez, R. M., & Callejas-Hernández, J. (2016). Valornutritivo de Larvas Y Pupas de Gusano de Seda (*Bombyx Mori*) (Lepidoptera: Bombycidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 42(1), 69-74.

- [71] Tomotake, H., Katagiri, M., & Yamato, M. (2010). Silkworm Pupae (*Bombyx mori*) Are New Sources of High Quality Protein and Lipid. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 56(6), 446-448.
- [72] Longvah, T., Manghtya, K., & Qadri, S. S. (2012). Eri Silkworm: A Source of Edible Oil with A High Content Of A - Linolenic Acid and of Significant Nutritional Value. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(9), 1988-1993.
- [73] Kowalczewski, P. Ł., Gumienna, M., Rybicka, I., Górna, B., Sarbak, P., Dziedzic, K., & Kmiecik, D. (2021). Nutritional Value and Biological Activity of Gluten-Free Bread Enriched with Cricket Powder. *Molecules*, 26(4), 1184.
- [74] Cruz-López, S. O., Álvarez-Cisneros, Y. M., Domínguez-Soberanes, J., Escalona-Buendía, H. B., & Sánchez, C. N. (2022). Physicochemical and Sensory Characteristics of Sausages Made with Grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) Flour. *Foods*, 11(5), 704.
- [75] Biró, B., Fodor, R., Szedlák, I., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2019). Buckwheat-Pasta Enriched with Silkworm Powder: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *LWT*, 116, 108542.
- [76] Roncolini, A., Milanović, V., Aquilanti, L., Cardinali, F., Garofalo, C., Sabbatini, R., ... & Osimani, A. (2020). Lesser Mealworm (*Alphitobius diaperinus*) Powder as A Novel Baking Ingredient for Manufacturing High-Protein, Mineral-Dense Snacks. *Food Research International*, 131, 109031.
- [77] Igual, M., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2021). Amino Acids Release from Enriched Bread with Edible Insect or Pea Protein During in Vitro Gastrointestinal Digestion. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100351.
- [78] Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2020). Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods*, 9(11), 1561.
- [79] Oonincx, D. G., Laurent, S., Veenenbos, M. E., & van Loon, J. J. (2020). Dietary Enrichment of Edible Insects with Omega 3 Fatty Acids. *Insect science*, 27(3), 500-509.
- [80] Akande, A. O., Jolayemi, O. S., Adelugba, V. A., & Akande, S. T. (2020). Silkworm Pupae (*Bombyx mori*) and Locusts as Alternative Protein Sources for High-Energy Biscuits. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 23(1), 234-241.
- [81] Montevecchi, G., Licciardello, F., Masino, F., Miron, L. T., & Antonelli, A. (2021). Fortification of Wheat Flour with Black Soldier Fly Prepupae. Evaluation of Technological and Nutritional Parameters of the Intermediate Doughs and Final Baked Products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 69, 102666.
- [82] Kim, T. K., Yong, H. I., Cha, J. Y., Park, S. Y., Jung, S., & Choi, Y. S. (2022). Drying-Induced Restructured Jerky Analog Developed Using a Combination of Edible Insect Protein and Textured Vegetable Protein. *Food Chemistry*, 373, 131519.
- [83] David-Birman, T., Romano, A., Aga, A., Pascoviche, D., Davidovich-Pinhas, M., & Lesmes, U. (2022). Impact of Silkworm Pupae (*Bombyx mori*) Powder on Cream Foaming, Ice Cream Properties and Palatability. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 75, 102874.
- [84] Sriprabhom, J., Kitthawee, S., & Suphantharika, M. (2022). Functional and Physicochemical Properties of Cookies Enriched with Edible Insect (*Tenebrio molitor* And *Zophobas atratus*) Powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(3), 2181-2190.