

**YENİLEBİLİR BAZI BÖCEKLERİN *IN VITRO*
GENOTOKSİK VE OKSİDATİF ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Eray MEMİŞ

**Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı
Doç. Dr. Ümit İNCEKARA**

2012

Her Hakkı Saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YENİLEBİLİR BAZI BÖCEKLERİN *IN VITRO* GENOTOKSİK VE
OKSİDATİF ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Eray MEMİŞ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ERZURUM

2012

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

Yenilebilir Bazı Böceklerin *In Vitro* Genotoksik ve Oksidatif Etkilerinin İncelenmesi

Doç.Dr.Ümit İNCEKARA danışmanlığında, Eray MEMİŞ tarafından hazırlanan bu çalışma 28/11/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr.Ümit İNCEKARA

İmza :

Üye : Doç.Dr.Hasan TÜRKEZ

İmza :

Üye : Doç.Dr.Turgay ŞİŞMAN

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEÖĞLU
Enstitü Müdürü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİLEBİLİR BAZI BÖCEKLERİN *IN VITRO* GENOTOKSİK VE OKSİDATİF ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Eray MEMİŞ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ümit İNCEKARA

İnsanoğlu yüzyıllardan beri böcekleri önemli bir besin kaynağı olarak tüketmiştir. Modern çağlarda ise böcek yeme birçok toplulukta azalmıştır. Ancak dünya çapında dağılmış olan çeşitli kültürler arasında böcekler protein, yağ, mineral ve vitaminlerin ana kaynağı olan ve tercih edilen bir gıda halindedir. Yenilebilen böceklerin dünyada bu kadar yaygın olmalarına karşın literatürde genotoksik ve oksidatif etkileriyle ilgili sınırlı bilgi mevcuttur. Bu çalışmada, Güneybatı Nijerya'da yenen iki yaygın böcek türü olan *Zonoceros variegatus* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) ve *Oryctes boas* (Solanales Solanaceae)'ın sulu özlerinin sitogenetik ve oksidatif etkileri insan tam kan hücre kültürleri üzerinde değerlendirildi. Özler, çeşitli konsantrasyonlarda (0 ppm'den 2000 ppm'e kadar) kültürlerle ilave edildi. DNA ve kromozom hasarı potansiyelleri bulmak için Kromozom aberasyon (KA) ve Mikroçekirdek (MÇ) testi kullanıldı. Oksidatif etkilerini değerlendirmek amacıyla total antioksidan kapasite (TAK) ve toplam oksidan durum (TOD) düzeyleri ölçüldü. Sonuçlarımız test edilen konsantrasyonlarda genotoksik etkilerinin olmadığını gösterdi. Ancak, özler TAK ve TOD seviyelerinde doza bağlı değişikliklere neden oldu. Mevcut bulgulara dayanılarak, incelenen böceklerin güvenle tüketilebileceği sonucuna varıldı. Ancak oksidatif strese bağlı olarak görülmesi muhtemel hücrel zararların dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca yenilebilir böceklerin potansiyel sağlık risklerinin değerlendirilmesinde oksidatif ve genotoksik analizleri içeren bu *in vitro* yaklaşımın faydalı olabileceği düşünülmektedir.

2012, 41 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Yenilebilir böcekler, Nijerya, İnsan kan kültürü, Mikroçekirdek testi, Kromozomal aberasyon, Oksidatif durum.

ABSTRACT

MS. Thesis

BIOMONITORING OF THE GENOTOXIC AND OXIDATIVE EFFECTS OF SOME INSECTS *IN VITRO*

Eray MEMİŞ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ümit İNCEKARA

Humans have consumed insects as an important food resource for centuries. In modern times, eating insects has declined in many societies. Yet, among various cultures scattered throughout the world, insects remain a preferred food and an essential source of protein, fat, minerals and vitamins. Edible insects have become so widespread in the world, although very limited information is available concerning with their genotoxic and oxidative effects in the literature. In this study, the cytogenetic and oxidative effects of water soluble extracts of two commonly eaten insects in Southwestern Nigeria; *Zonoceros variegatus* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) and *Oryctes boas* (Solanales: Solanaceae) were evaluated on whole cultured human blood cells. The extracts were added into the cultures at various concentrations (0 to 2000 ppm). The chromosome aberration (CA) and micronucleus (MN) tests were used to find out the DNA and chromosomal damage potentials by aqueous insect extracts *in vitro*. To assess the oxidative effects total antioxidant capacity (TAC) and total oxidant status (TOS) levels were also measured. Our results indicated that these extracts did not show genotoxic effects at all tested concentrations. However, the extracts caused dose dependent alterations in both TAC and TOS levels. Based on the findings, it was concluded that the studied insects can be consumed safely, but it is necessary to consider the cellular damages which are likely to appear depending on the oxidative stress. We also suggest that this *in vitro* approach for oxidative and genotoxicity assessments may be useful to compare the potential health risks of edible insects.

2012, 41 Pages

Keywords: Edible insects, Nigeria, Human blood culture, Micronucleus test, Chromosome aberrations, Oxidative status.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu çalışma Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çalışmalarım boyunca ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tez danışmanım, değerli hocam sayın Doç. Dr. Ümit İNCEKARA'ya en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımda gerekli tüm tavsiye ve yönlendirmeleri yapan, bilimsel katkıları ile bana yardımcı olan sayın Doç. Dr. Hasan TÜRKEZ'e en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım esnasında yardımlarından dolayı sayın biyolog Kübra KOÇ'a ve sayın biyolog Ebubekir DİRİCAN'a teşekkür ederim.

Materyal teminindeki katkılarından dolayı sayın Adedoyin Davies Banjo ve sayın Bamidele Temitope Fasunwon' a teşekkür ederim.

Yine çalışmalarım esnasında katkılarından dolayı sayın uzman kimyager Harun POLAT'a teşekkür ederim.

Ayrıca ailemden görmüş olduğum maddi ve manevi her türlü destekten dolayı kendilerine teşekkür ederim.

Eray MEMİŞ

Kasım 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Halk Sağlığı ve Böcekler.....	2
1.2. Besin Kaynağı Olarak Böcekler	3
1.3. Böcek Ürünlerinin Değerleri	4
1.3.1. Böcek Ürünlerinin Besin Değerleri	4
1.3.2. Böcek Ürünlerinin Tıbbi Değeri.....	11
1.4. Böcek Ürünlerinin İnsan Sağlığına Etkileri	13
1.5. Böcek Zehirleri.....	15
1.6. Tez Kapsamında İncelenen Böcekler	16
1.7. Oksidatif Stres	17
1.8. Genotoksisite	18
2. KAYNAK ÖZETLERİ	22
3. MATERYAL ve YÖNTEMLER.....	24
3.1. Materyal Temini	24
3.2. Böcek Ekstrelerinin Hazırlanışı.....	24
3.3. Hücre Kültürleri.....	24
3.4. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	25
3.5. Kullanılan Aletler ve Cihazlar.....	25
3.6. Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanması	26
3.7. Yöntemler	26
3.7.1. Genotoksisite testleri	26
3.7.2. Biyokimyasal analizler	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	30

5. TARTIŞMA ve SONUÇ	33
5.1. Sonuç.....	34
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde konsantrasyon
°C	Santigrat derece
dk	Dakika
g	Gram
Kcal	Kilokalori
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre
µmol	Mikromol
µM	Mikromolar
mmol	Milimol
M	Molarite
mg	Miligram
ml	Mililitre
nm	Nanometre
pH	Potansiyel hidrojen
ppm	Parts per million (milyonda bir birim)
rpm	Revolutions per minute (dakikadaki devir sayısı)

Kısaltmalar

AMCaz	Asidik memeli kitinaz
DNA	Deoksiribonükleik asit
FISH	Fluorescence in situ hybridization
KA	Kromozom aberasyonları
Kit	Kitotriosidaz
MÇ	Mikroçekirdek
SCG	Single cell gel
TAK	Toplam antioksidan kapasite
TOD	Toplam oksidan durum

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Böceklerin besin olarak tüketildiği Afrika ülkeleri	11
Şekil 1.2. <i>Oryctes boas</i> (yetişkin).....	16
Şekil 1.3. <i>Oryctes boas</i> (larva, yenilen evre).....	16
Şekil 1.4. <i>Zonocerus variegatus</i> (yetişkin, yenilen evre).....	17
Şekil 4.1. <i>Zonoceros variegatus</i> ve <i>Oryctes boas</i> maruziyeti sonrasında gözlenen <i>in vitro</i> MÇ / 1000 hücre değerleri	30
Şekil 4.2. <i>Zonoceros variegatus</i> ve <i>Oryctes boas</i> maruziyeti sonrasında gözlenen <i>in vitro</i> KA / hücre değerleri.....	31
Şekil 4.3. <i>Zonoceros variegatus</i> ve <i>Oryctes boas</i> maruziyeti sonrasında gözlenen <i>in vitro</i> TAK düzeyleri.....	31
Şekil 4.4. <i>Zonoceros variegatus</i> ve <i>Oryctes boas</i> maruziyeti sonrasında gözlenen <i>in vitro</i> TOD düzeyleri.....	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Halk sağlığı alanında kullanılan böcekler ve kullanım amaçları.....	2
Çizelge 1.2. Bazı ürünlerde böcek ve böcek parçasının bulunmasına izin verilen miktarlar	4
Çizelge 1.3. 100 g besinde bulunan maddelerin besin değerlerinin karşılaştırılması.....	5
Çizelge 1.4. 100 g besinde bulunan maddelerin besin değerlerinin karşılaştırılması.....	6
Çizelge 1.5. 100 g besinde bulunan maddelerin besin değerlerinin karşılaştırılması.....	6
Çizelge 1.6. Güneybatı Nijerya’da yaygın olarak tüketilen bazı böceklerin vitamin ve mineral içerikleri.....	9
Çizelge 1.7. Güneybatı Nijerya’da yaygın olarak tüketilen, kurutulmuş <i>Zonocerus variegatus</i> ve <i>Oryctes boas</i> türlerinin yaklaşık vitamin, mineral ve bazı diğer madde içerikleri	9
Çizelge 1.8. Dünyanın değişik bölgelerinde yenilen böcek takımları, familya ve tür sayıları ile yenilen evreleri.....	10
Çizelge 1.9. Güneybatı Nijerya’da <i>Zonocerus variegatus</i> ve <i>Oryctes boas</i> ’ın yenilebilir gelişim evreleri.	15
Çizelge 3.1. Deneyleerde kullanılan alet ve cihazlar.....	25

1. GİRİŞ

Böcekler, çeşitlilikleri ve birey sayısı bakımından eşsiz varlıklardır. Yeryüzündeki mevcut organizmaların dörtte üçünü böcekler teşkil etmektedir (Pedigo 2002). Her bir dönüm arazide 40 milyon civarında böcek vardır ve her insan başına yaklaşık 200 milyon kadar böcek düşmektedir (Bhuyan and Dutta 2007). Böcekler bol olması ve kolay bulunabilirliğinden dolayı geçmişten günümüze kadar birçok amaç için kullanılmış ve hatta bazı kültürlerin manevi değeri haline gelmiştir. Bazı kültürlerin efsanelerinde böceklerin morfolojileri, kökenleri ve davranışları anlatılarak insanların soyunun nereden geldiği, yaşadığımız dünyanın ve galaksimizin oluşumu açıklanmakta ve toplumsal yapıyı düzenleme için ahlaki değerler yansıtılmaktadır (Clausen 1954; Hogue 1987; Kritsky and Cherry 2000). Bazı kabilelere mensup insanlar yeryüzünde yaşayan ilk varlığın böcekler olduğunu ve soylarının da bu böceklerden gelmiş olabileceğine inanır. Böcekler birçok kabilede kimi zaman totemik ifade kimi zamanda dinsel simge olarak karşımıza çıkar (Kritsky and Cherry 2000). Günümüzde ise böcekler; ipek, kökboyası, bal ve balmumu yapımı, gıda, ilaç, tozlaştırma, kozmetik, gıda dönüşümü ve adli tıp gibi birçok alanda insan kullanımına sunulmuştur.

Böcekler değerli besin içeriği nedeniyle Afrika, Avustralya, Asya ve Amerika gibi dünyanın farklı bölgelerinde önemli bir besin kaynağı olarak kabul edilmiştir (Ramos-Elorduy, 1997). Afrika kıtasında yer alan 36 ülkede 524 farklı böcek türü, insan gıdası olarak tüketilmektedir (De Foliart 2002; Ramos-Elorduy 2008). Benzer şekilde, Nijerya'da çeşitli birçok yenilebilir böcek türü insanların tüketimi için kullanılmaktadır. Örneğin; 10'un üzerinde farklı yenilebilir böcek türü Benue'de tüketilmektedir (Agbidye et al., 2009). Bir diğer devlet Kwara'da da termitler, cırcır böcekleri, çekirgeler, tırtıllar, palmiye böceği larvaları ve kompost böceği larvaları yenilmektedir. Delta ve Edo Devletleri ile Batı Nijerya'nın çeşitli yerlerinde Palmiye böceği grupları, *Rhynchophorus phoenicis* Fabr. (Coleoptera: Curculionidae) kızartılarak yenilmektedir. (Banjo et al., 2006).

Öte yandan bu böcekler, omurgalı toksinleri içerebilir olmasına rağmen, gelişmekte olan çeşitli ülkelerde çok yaygın ve önemli bir besin kaynağını oluşturmaktadır. Yani bu böcekleri yeme insanlar üzerinde ciddi zararlı etkilere neden olabilir. Bu bağlamda, yenilebilir böceklerin potansiyel toksik etkilerini daha fazla araştırmak gerekmektedir. Bu araştırmanın aynı zamanda ilaç geliştirmek için de hizmet etme potansiyeli bulunmaktadır, çünkü hayvansal toksinler kanser gibi hastalıkların tedavisinde önemli hale gelebilir. Yine çok az sayıda çalışma hariç, yenilebilir böcek ekstraktlarının genotoksik hasar potansiyelleri henüz bildirilmiş değildir.

1.1. Halk Sağlığı ve Böcekler

Böceklerin birçoğu eski çağlarda insanlar tarafından bazı hastalıkların tedavisinde, yaraların iyileşmesinde ve değişik amaçlar için kullanılmıştır. Bu amaçla kullanılan familyalar ve kullanım amaçları Çizelge 1.1’de verilmiştir. Ancak, günümüzde böceklerin kendisi doğrudan ilaç yapım alanlarında kullanılmamaktadır. Çünkü böceklerde bulunan ve ilaç olabilecek maddeler tespit edilmiş olup, bu maddeler genellikle sentetik olarak laboratuarlarda üretilmektedir (Saruhan ve Tuncer 2009).

Çizelge 1.1. Halk sağlığı alanında kullanılan böcekler ve kullanım amaçları (Cherry 2003).

Familiya	Kullanım amacı
Blattidae	Lokal anestezi
Formicidae	Güçlendirici içki hazırlanmasında, bas ağrısı tedavisi, soğuk algnılığına karşı antiseptik ve balgam söktürücü.
Psillidae	Kudret helvası yapmak için şeker kaynağı olarak kullanılır. Ayrıca, içkilerin muhtevasında yer almaktadır.
Notodontidae	Sürü halindeki larvalar tarafından yapılan ipek torbalardan, yaralanmamak için koruyucu elbiseler yapılmaktadır.
Apidae	Arıların bağırsağından çıkan madde bağırsak temizleme ilacı olarak kullanılmaktadır.
Termitidae	Nefesli çalgı (Didjeridu) yapımında kullanılır. Termitler ağaçların içini düzgün bir şekilde oymaktadır. Ayrıca, ishali engelledikleri bilinmektedir.
Cassidae	Fazla kilolu larvalar ezilerek yara ve yanıklara örtü yapılarak tedavi amaçlı kullanılmaktadır.

1.2. Besin Kaynağı Olarak Böcekler

Böcek yemek düşüncesi bugün ve geçmiş yıllarda birçok insan tarafından hoş görülmemiştir. Fakat çoğu kültürde de böcekler ve diğer Artropodalar yiyecek olarak kullanılmaktadır. Böcekler, Paris ve Londra'daki birçok lüks restoranda özel bir yemek olarak servis yapılmaktadır. Bugün dünyanın birçok yerinde böcekler, insan besininin bir bölümünü oluşturmaktadır. Bunun başlıca sebepleri; böceklerin protein, karbonhidrat, mineral ve vitaminler bakımından zengin buna karşın yağ oranı düşük iyi bir besin olmaları, kolay bulunur olmaları ve fazla yer kaplamamalarıdır. Böcekler besin değeri bakımından geleneksel olarak tükettiğimiz etlerden daha değerlidir. Dünyanın değişik ülkelerinde böcek yiyen insanlar böceklerin çok lezzetli olduklarını ifade ederek bütün insanlara böcek yemeyi tavsiye etmektedirler (Saruhan ve Tuncer 2009).

Son zamanlarda böceklerin gıda olarak kullanımları, nispeten daha iyi gıdaların ulaşılabilirliğindeki artışla ters orantılı olarak çoğu tropik bölgelerde azalmıştır. Afrika'da böceklerin geniş ölçüde ticareti yapılmakta ve çeşitli işletmeler konserve böcekler ve hazır böcek yemekleri üretmektedir. Diğer taraftan, Amerika'da ve daha az bir yayılımla Avrupa'da böcek tüketimi artmaktadır. Ancak sıradan bir gıda olarak değil, daha çok merak edildiğindedir. Örneğin böcekler, çikolatayla kaplanmış veya şekerlemeler halinde sunulurlar. Pek çok din, böcekleri normal gıda olarak kabul eder ve böceklerin tüketimiyle ilgili hiçbir dinde kısıtlama veya tabuya yer verilmemiştir. Yahudi gelenekleri sadece birkaç çeşit böceğin yemek için uygun olduğunu düşünür. Bununla birlikte pratikte Yahudiler, bile bile böcek yemekten kaçınırlar. Yalnızca eğitilmiş entomologlar yemek için uygun olan ve olmayan böcekleri ayırt edebilirler. Müslüman bölgelerde böceklerin kullanımı çok kısıtlanmıştır. Sadece çekirgeler doğal olarak öldüklerinde veya yasalara uygun bir şekilde öldürüldüklerinde helal (yemek için uygun) olduğu düşünülür. Gerçekte diğer bütün böceklerin haram olduğu düşünülür. Ayrıca Hindistan, Endonezya ve Malezya gibi ülkelerde pek çok farklı böcek türü, islami olan bölgelerinde bile geleneksel olarak yenilirler. Arap ülkelerinde yalnızca çekirgeler pazarlarda bulunabilirler. Dünya genelinde 1700'ün üzerinde farklı böcek türünün tüketilebilir veya yenilebilir olduğu rapor edilmektedir (Ramos-Elorduy 1997).

Günde ne kadar böcek yiyoruz? Birçok yiyeceğimiz ile beraber bilmeden böcek ya da böceğin bir parçasını yiyoruz. “The Department of Health and Human Service” adlı bir kurum, yiyeceklerde bulunan böcek ya da böcek parçalarının insan sağlığına zarar verecek seviyelerini tespit etmişlerdir. Toplumumuzda hemen hemen bütün insanlar tarafından tüketilen incir, kiraz, zeytin, buğday ve kuru fasulyelerde, büyük bir çoğunlukla böcek ve böcek parçası bulunmaktadır. Bu besinlerde insanlar tarafından tüketildiği zaman, bilmeden böcekler ile beraber tüketilmektedir (Bailey 1999).

Çizelge 1.2. Bazı ürünlerde böcek ve böcek parçasının bulunmasına izin verilen miktarlar (Food Defect Action Levels) (Bailey 1999).

Ürün	Bulunmasına izin verilen miktar
Elma ezmesi	100 g başına 5 böcek
Üzümsü meyveler	500 g da 4 larva ya da 500 g da 10 tam böcek
Kırmızıbiber	25 g da 75 böcek parçası
Çikolata	100 g da 80 mikroskopik böcek parçası
Tatlı mısır konservesinde	23 mm uzunluğunda larva, deri kalıntısı yada parçası
Mantar konservesi	100 g da 20 kurtçuk
Yer fıstığı	100 g da 60 parça
Domates ezmesi, pizza ve diğer soslar	100 g da 30 yumurta ya da 100 g da 2 parça

1.3. Böcek Ürünlerinin Değerleri

1.3.1. Böcek ürünlerinin besin değerleri

İnsanlar tarafından en fazla besin olarak tüketilen böceklerdeki besin değerleri Çizelge 1.3’de verilmiştir. Çizelge 1.3’de görüldüğü gibi böceklerde bulunan besin değerleri hiçte küçümsenmeyecek miktarlardadır.

Çizelge 1.3. 100 g besinde bulunan maddelerin besin değerlerinin karşılaştırılması (Anonymous 2003a).

Böcek	İçinde bulunan Besinler ve oranları
Termitler	%36 protein, 100 g kızartılmış termitte 561 kalori
Tırtıllarda	%13,7 yağ, %6,1 Karbonhidrat
İpek böceği pupası	A vitamini, %14,2 yağ, %15 mineral
İpek böceği larvası	%23,1 protein, %60 su
Çekirgeler	Protein, yağ, Ca, S, Fe, B1 ve B2 vitaminleri
Su böcekleri	%31,8 protein, %6,1 yağ

Yiyecek olarak kullanılan böcekler ve bu böceklerin balık ve inek eti ile besin değeri yönünden karşılaştırılması Çizelge 1.4’de verilmiştir. Bu çizelgeden görüldüğü üzere böcekler, inek ve balık etinden 3–4 kat fazla kalori içermektedir. Ayrıca, balık eti ile tırtılda aynı oranda protein bulunmaktadır. Böceklerdeki demir oranı inek ve balık etine göre yaklaşık olarak 35 kat daha fazladır. Aynı şekilde böceklerdeki vitamin oranları balık etine oranla 25 ila 45 kat daha fazladır. Çizelge 1.5’den anlaşılacağı gibi böceklerin, besin değeri bakımından kırmızı et ve balıktan farklı olmadığı hatta bazı maddelerin böceklerde daha yüksek olduğu görülmektedir. Çizelge 1.3, 1.4 ve 1.5’den de anlaşılacağı gibi böcekler, kırmızı et ve balık etinden daha kıymetlidir. Çünkü böcekler protein, karbonhidrat ve vitaminler yönünden zengin, yağ oranı düşük besin olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı tam bir sağlık ve diyet ürünüdürler.

Çizelge 1.4. 100 g besinde bulunan maddelerin besin değerlerinin karşılaştırılması (Lyon 1996).

	Besinlerin içinde bulunan maddeler ve oranları					
	Enerji (Kcal)	Protein (g)	Demir (g)	Thiamin (mg)	Riboflavin (mg)	Niacin
Karınca	613	14.2	0.75	0.13	1.15	0.95
Tırtıl	370	28.2	35.5	3.67	1.91	5.2
Hububat biti	562	6.7	13.1	3.02	2.24	7.8
İnek eti	219	27.4	3.5	0.09	0.23	6
Balık	170	28.5	1	0.08	0.11	3

Çizelge 1.5. 100 g besinde bulunan maddelerin besin değerlerinin karşılaştırılması (Dunkel 1996).

Böcek	Protein(g)	Yağ (g)	Karbonhidrat (g)	Kalsiyum (mg)	Demir (mg)
Dev su böcekleri	19.8	8.3	2.1	43.5	13.6
Kırmızı karınca	13.9	3.5	2.9	47.8	5.7
İpek böc. Pupası	9.6	5.6	2.3	41.7	1.8
Dışkı böceği	17.2	4.3	2.0	30.9	7.7
Cırcır böceği	12.9	5.5	5.1	75.8	9.5
Küçük çekirge	20.6	6.1	3.9	35.2	5.0
Büyük çekirge	14.3	3.3	2.2	27.5	3.0
Haziran böceği	13.4	1.4	2.9	22.6	6.0

Günümüze kadar yapılan çalışmalar, yenilebilir böceklerin yumurta, larva, pupa ve ergin fazlarında ham protein içeriğinin %20–70 arasında olduğunu göstermiştir. Ham protein içerikleri Ephemeroptera larvasında %26–66, Odonata larvasında %40-65, Homoptera larva ve yumurtasında %40-57, Hemiptera larvasında %42-73, Coleoptera larvasında %23-66 ve Lepidoptera larvasında %20-70'tir. Hymenoptera takımının Apidae, Vespidae ve Formicidae familyalarının da protein içerikleri yüksektir (%38-76) (Ramos-Elorduy and Pino 1989; Comby 1990; DeFoliart 1992; Mitsuhashi 1992; Cui

1996; Guanhuan 1998; Xiaoming and Ying 1999). Yenilebilen böcekler, metionin ve sisteince düşük, özellikle lizin ve treonin gibi insan vücudu için elzem olan aminoasitler yönünden yüksektir (DeFoliart 1992). Yağ içeriği ise %10 ile 50 arasında değişir. Larva ve pupa safhalarında yağ miktarı diğer safhalarına göre daha yüksektir. Böceklerdeki yağ asitleri hayvansal yağlardan farklıdır ve insan vücudunun ihtiyacı olan üstün besleyici değere sahip doymamış yağ asitlerince zengindir (DeFoliart 1991; Yuan *et al.* 1992; Jiangzhong *et al.* 1999; Xiaoming and Ying 1999; Ying *et al.* 1999, 2000 a,b, 2001 a,b,c). Yenilebilen böceklerde karbonhidrat miktarı %1-10 gibi çok az bir orandadır. Son araştırmalar böceklerde, insanların bağışıklık sistemini güçlendirebilen önemli miktarda polisakkarit bulunduğunu göstermiştir (Long *et al.* 2007). Diğer taraftan kitin oldukça besleyici ve sağlık açısından değerli bir bileşiktir, içeriği ise böcekte böceğe değişebilir (%5-15).

Yenilebilen böceklerdeki vitaminler, insan sağlığı ve gıdası açısından oldukça yüksek oranda olup genelde vitamin A, karoten, B1, B2, B6, C, D, E ve K gibi vitaminleri içerirler (DeFoliart 1991; Yuan *et al.* 1992; Jiangzhong *et al.* 1999; Xiaoming and Ying 1999; Ying *et al.* 1999, 2000 a,b, 2001 a,b,c). Yenilebilen böceklerde potasyum (K), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), çinko (Zn), manganez (Mn) ve fosfor (P) gibi iz elementler de bulunur.

En çok tüketilen böcekler; çekirgeler, tırtıllar, kanatlı termitler, karıncalar, bal ve eşek arıları, cırcır böcekleri ve çeşitli sucul böceklerdir. Böceklerden protein elde etmek diğer omurgalı hayvanlara göre hem daha kolay hem de daha verimlidir. Ayrıca daha az yeme ihtiyaç duyulur. Yenilebilen böcekler diğer hayvanlara nispeten çok daha besleyicidir ve daha fazla gıda dönüştürme özelliğine sahiptir. Örneğin bir ev kriketi (*Acheta domesticus*) 30°C ve üzeri sıcaklıklarda yetiştirildiği ve geleneksel çiftçilik için kullanılan eşit miktarlardaki yemlerle beslenildiği zaman domuz ve yavru kümes hayvanlarından iki kat, koyundan dört kat, danadan altı kat daha etkili gıda dönüşümü gösterir. Bu da böcek etinin hayvansal etlerden daha avantajlı ve ekolojik olduğu anlamına gelir (Capinera 2004).

Kuzey Amerika kültüründe böcek yeme olayı çok fazla yer tutmaktadır. Bunun nedeni uluslararası komşularından çok fazla Őey ğrenmeleridir. Global dünyanın birçok yerinde besin olarak böceklerin kullanımını giderek yayılmaktadır. Bunun bazı sakıncaları vardır. Çünkü bazı böcekler zehirlidir. Dünya da insanlar tarafından güvenle yenilebilecek böcek sayısı azdır.

Çizelge 1.6. Güneybatı Nijerya’da yaygın olarak tüketilen bazı böceklerin vitamin ve mineral içerikleri (Banjo *et al.* 2006).

Böcekler	Vitamin A (µg/100 g)	Vitamin B2 (mg/100 g)	Vitamin C (mg/100 g)	Ca (mg/100 g)	P (mg/100 g)	Fe (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)
<i>Macrotermes bellicosus</i>	2.89	1.98	3.41	21	136	27	0.15
<i>Macrotermes notalensis</i>	2,56	1.54	3.01	18	114	29	0,26
<i>Brachytrypesspp.</i>	0	0.03	0	9.21	126.9	0.68	0,13
<i>Cytacanthacrisaeruginosus unicolor</i>	1	0.08	1	4.40	100.2	0.35	0,09
<i>Zonocerus variegatus</i>	6.82	0.07	8.64	42.16	131.2	1.96	8,21
<i>Analeptes trifasciata</i>	12.54	2.62	5.41	61.28	136.4	18.2	6,14
<i>Anaphe infracta</i>	2.95	2	4.52	8.56	111.3	1.78	1.01
<i>Anaphe reticulata</i>	3.40	1.95	2.24	10.52	102.4	2.24	2.56
<i>Anaphe spp</i>	2.78	0.09	3.20	7.58	122.2	1.56	0.96
<i>Anaphe venata</i>	3.12	1.25	2.22	8.57	100.5	2.01	1.56
<i>Cirina forda</i>	2.99	2.21	1.95	8.24	111	1.79	1,87
<i>Apis mellifera</i>	12.44	3.24	10.25	15.4	125.5	25.2	5,23
<i>Oryctes boas</i>	8.58	0.08	7.59	45.68	130.2	2.31	6.62
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	11.25	2.21	4.25	39.58	126.4	12.24	7.54

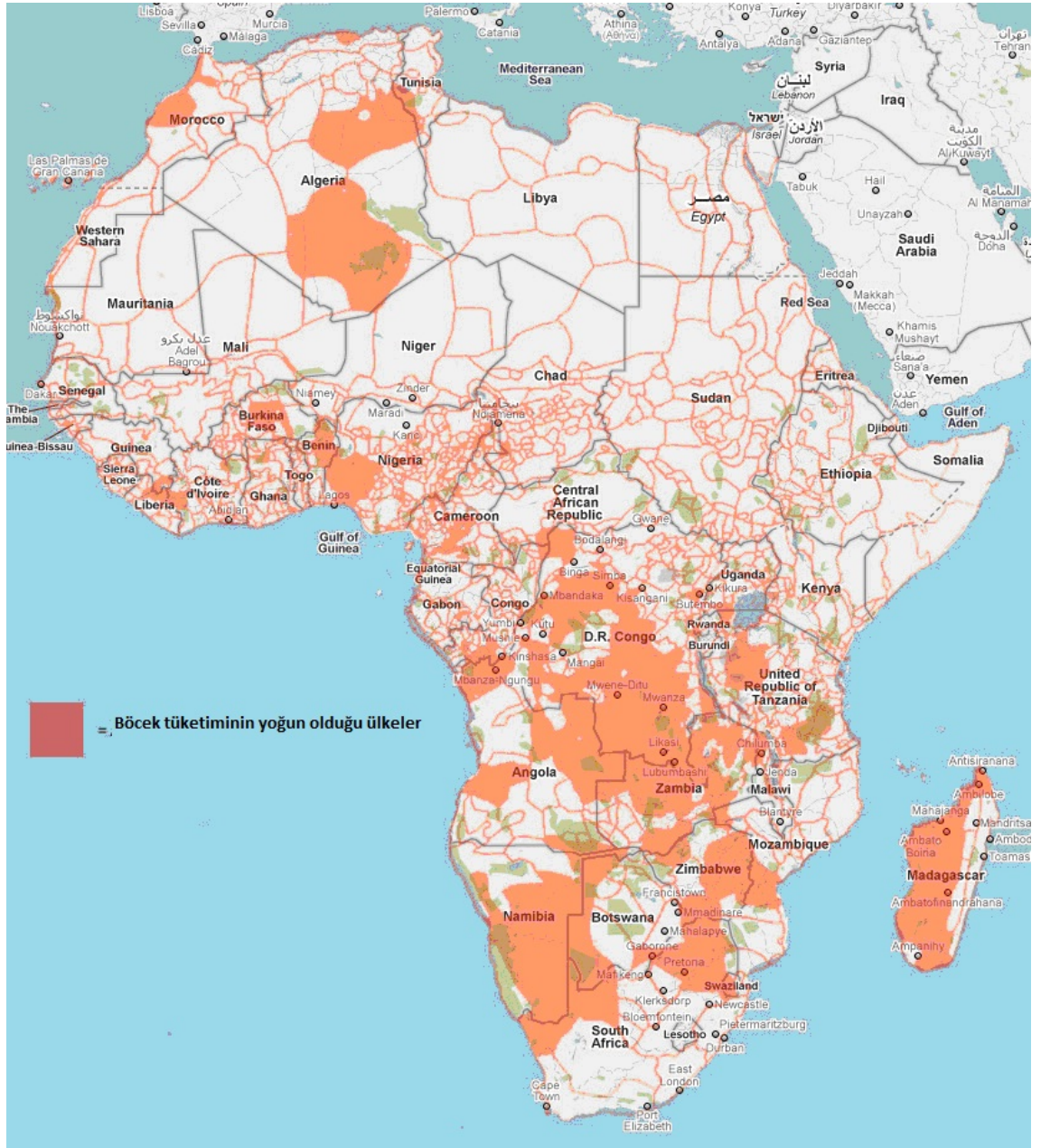
Çizelge 1.7. Güneybatı Nijerya’da yaygın olarak tüketilen, kurutulmuş *Zonocerus variegatus* ve *Oryctes boas* türlerinin yaklaşık vitamin, mineral ve diğer bazı madde içerikleri (%) (Banjo *et al.* 2006)

Böcekler/Parametreler (%)	<i>Zonocerus variegatus</i>	<i>Oryctes boas</i>
Ham protein	26.8	26.0
Eter özü	3.80	1.50
Kül	1.20	1.50
Ham Lif	2.40	1.50
Kuru madde	92.18	94.70
Nem	2.61	1.91
Nitrojen serbest özü	63.2	38.5
Vitamin A (ug/100 g)	6.82	8.58
Vitamin B2 (mg/100 g)	0.07	0.08
Vitamin C (mg/100 g)	8.64	7.59
Ca (mg/100 g)	42.16	45.68
P (mg/100 g)	131.2	130.2
Fe (mg/100 g)	1.96	2.31
Mg (mg/100 g)	8.21	6.62

Dünyanın değişik bölgelerinde çeşitli böcekler yenmektedir. Böceklerin yenilen kısmı türlere göre değişmekle beraber, genellikle böceklerin yumurta, larva, nimf ve erginleri insanlar tarafından tercih edilmektedir (Çizelge 1.8).

Çizelge 1.8. Dünyanın değişik bölgelerinde yenilen böcek takımları, ailya ve tür sayıları ile yenilen evreleri (Anonymous 2003b).

Takım	Familya (Adet)	Tür (Adet)	Yenilen evresi	Yenildiği Ülke
Coleoptera	10	80	Larva, Pupa ve Ergin	Batı Hindistan, Jamaika, Şili, Kolombiya, Guyana, Brezilya, Venezüella, Vietnam, Paraguay, Barbados, Peru, Ekvator, Tayland, Filipinler, Endonezya, Malezya, Myanmar, Çin, Japonya, Tayvan ve Macau.
Orthoptera	6	46	Yumurta., Nimf ve Ergin	Batı Hindistan, Jamaika, Kore, Kolombiya, Güney Afrika, Filipinler, Endonezya, Vietnam, Tayland, Myanmar, Çin, Japonya
Hymenoptera	6	41	Larva, Pupa ve Ergin	Kolombiya, Brezilya, Guyana, Güney Amerika, Paraguay, Venezüella, Tayland, Filipinler, Endonezya, Vietnam, Myanmar, Çin, Japonya, Nikaragua, Guatemala ve Honduras.
Lepidoptera	13	25	Larva ve pupa	Orta Amerika, Brezilya, Kolombiya, Myanmar, Guyana, Tayland, Vietnam, Endonezya, Çin, Japonya ve Kore.
Isoptera	2	16	Ergin	Endonezya, Çin, Tayland, Vietnam, Brezilya, Malezya, Guyana ve Kolombiya
Hemiptera	7	13	Yumurta ve Ergin	Çin, Japonya, Tayland, Myanmar, Endonezya, Malezya, Vietnam ve Brezilya
Odonata	3	7	Nimf ve Ergin	Çin, Japonya, Tayland, Endonezya ve Tayvan.
Diptera	5	5	Larva	Brezilya, Kolombiya ve Çin.
Neuroptera	1	1	Larva ve Ergin	Kolombiya
Trichoptera	1	1	Larva	Kolombiya



Şekil 1.1. Böceklerin besin olarak tüketildiği Afrika ülkeleri

1.3.2. Böcek Ürünlerinin Tıbbi Değeri

Böceklerin ve böcek kaynaklı ürünlerin tedavi amaçlı kullanımına “Entomoterapi” denir (Costa-Neto 2002). Entomoterapi yüzyıllardan beri dünyanın birçok yerinde çeşitli kültürler tarafından geleneksel halk hekimliğinde uygulanmaktadır (Pemberton 1999; Costa-Neto 2002; Paoletti 2005). Arı ve eşek arıları, karıncalar, çekirgeler, termitler,

kriketler, hamamböceği, gübreböceği ve tırtıllar; mide rahatsızlığı, cilt hastalıkları, epilepsi, astım, bronşit, romatizma ve kısırlık gibi çeşitli hastalıkları tedavi etmek için demlenmiş içecek, merhem ve damara zerk etme yoluyla geleneksel olarak kullanılmaktadır (Costa-Neto 2002). Örneğin bin yıl önce Mayaların sinek larvalarını tedavi amaçlı kullandıklarına dair bilgiler vardır (Zimmer 1993). Avustralya'da Aborjinler çalı kara böceklerini (Blattidae) lokal anestezi için kullanmışlardır, hatta baş ağrısını iyileştirmek, soğuk algınlığını gidermek, balgam söktürücü ve antiseptik olarak serinletici bir içecek hazırlamak için yeşil çay karıncasını (Formicidae) kullanmışlardır (Cherry 1993).

Yenilebilen böceklerin bazıları farmakolojik yönden oldukça etkin maddelere sahiptir. Bazılarında savunma veya başka amaçlar için ürettikleri gizli toksik metabolitler, bazılarında alkaloid gibi kimyasal bileşikler vardır. Diğer bazı böcekler ise kendi savunma mekanizmaları için konakçı bitkilerinden ikincil kimyasalları ayrıştırıp alkaloid, aristokolik asit ve glukosinolatlar gibi maddeleri elde ederek depolayabilirler. Böceklerin bu özellikleri, bilim adamlarını böcek bileşiklerinden sağlanan yeni ilaçların araştırmasına itmiştir (Harborne 1993; Duffey 1980; Blum 1994; Berenbaum 1993). Böcekler immünolojik, analjezik, diüretik, anti-bakteriyal, anestetik ve anti-romatizmal niteliklere sahip oldukları için modern tıpta yeni ilaçlara kaynak olabileceği kanıtlanmıştır (Yamakawa 1998). İlk anti-bakteriyal peptid olan sekropin, *Hyalophoria cecropia* pupasından izole edilmiş (Steiner *et al.* 1981; Diamond 2001) ve daha sonraları böceklerde 170 anti-bakteriyal peptid bulunmuştur. Diğer taraftan 14 farklı türde böceğin kimyasal taraması sonucunda böceklerde, proteinler, terpenoidler, şekerler, polioller, zamklar, saponinler, polifenolik glikozidler, kinonlar, antrakinonlar, siyanojenik glikozidler ve alkoloitlerin bulunduğu gösterilmiştir (Andary *et al.* 1996). Böcekler anti-kanser aktivitesi gösteren maddeleri de içerir (Oldfield 1989). Örneğin Kunin and Lawton (1996) *Catopsilia crocale* kelebeği kanatlarından ve *Allomyrina dichotomus* geyik böceği bacaklarından çıkartılan isoxanthopterin ve dichostatinden umut verici anti-kanser ilacı geliştirmişlerdir. Tıbbi kullanımı Hipokrat'a kadar uzanan *Cantharis vesicatoria* böceğinden elde edilen kantaridin diüretik olup epilepsi, astım, kuduz ve kısırlık hastalıklarının tedavisinde etkilidir. Aşırı dozlarda yakıcı bir zehir

olabilmektedir (Frost 1942; Evans 1975). Pierisin, *Pieris rapae* türü kelebeği pupasından çıkartılan ve mide kanserine karşı sitotoksik etkisi olan bir proteindir. Kelebekleri ise sekropin, defensin ve lizozim içeren anti-mikrobiyal peptidleri üretir. Sekropin, lenfoma ve lösemi hücrelerinde sitotoksiktir (Srivastava *et al.* 2009). Yenilebilen böceklerin sınırlı bir kısmını oluşturan arıların zehrindeki en önemli bileşikler fosfolipaz A2 ve mellitindir. Bunların yanı sıra hiyaluronidaz (yayılma etmeni), apamin (nörotoksin), peptid, histamin, dopamin ve nöradrenalin bulunur (Habermann 1972). Bal arısı zehiri, eklem iltihabı, sırt ağrısı, tümörler, romatizma ve cilt hastalıklarını tedavi eder (Hider 1988). Bunlardan başka kitin ve kitin kaynaklı bir bileşik olan kitosan, anti-koagulan olarak, kolesterol seviyesini düşürme, dokuları tamir etme ve hatta yapay lens imal etmede çok amaçlı kullanılmaktadır (Goodman 1989).

1.4. Böcek Ürünlerinin İnsan Sağlığına Etkileri

Böcek tüketiminin faydalarının yanı sıra bazı olumsuz etkileri de vardır. Entomofajiye karşı insanlarda beklenmedik reaksiyonlar pek fazla görülmez ancak çok nadir de olsa entomofaji kaynaklı ölüm vakaları gerçekleşmiştir (Phillips 1995; Vetter 1995). Blum (1994), afrodizyak olarak kullanılan Meloidae familyası böceklerinden ölümcül veya ölüme yakın zehirlenme durumlarının ortaya çıktığını, Güney Afrika Cumhuriyeti'nde sürekli olarak tüketilen *Phymateus leprosus* türü çekirgenin yenmesinin ardından bir çocuğun öldüğünü belgelemiştir (Steyn 1962). Orthoptera takımının güvenli olmasına karşılık bu takımdaki Pyrgomorphidae gibi belirli familyalar çok güvenli değildir ya da bölgeye ve şartlara bağlı olarak değişir. Örneğin *Zonocerus* spp. Güney Afrika, Kamerun ve Nijerya'da yenilebilir olarak görülür ama başka yerde zehirli olarak kabul edilir (Malaisse 1997). Sub-sahran Afrika'nın çoğu bölgesinde *Anaphe* spp. (Thaumetopoeidae) tırtıllarının yemeği çok yaygındır ve güvenli olduğu düşünülür ancak Nijerya'da mevsimsel ataksik sendromunun *Anaphe venata* larvalarının tüketimiyle ilgili olduğu kaydedilmiştir (Adamolekun 1993). Yine Meksika'da *Eucheirasocialis* (Pieridae) pupalarının yenmesinin, kusma ve baş ağrısına sebep olduğu rapor edilmiştir (Anon 1992). Genelde böcekler çok temizdir. Ancak tüketiciye ulaşmadan önce kontaminasyonu ve bozulması da mümkündür. Kenya'da termit

tüketiminden sonra gıda zehirlenmesinden beş kişi ölmüştür (Nightingale and Ayim 1980). Tırtıl yemeğinin, gıda zehirlenmesinden Namibya'da üç kişinin ölümüne sebep olduğu da düşünülmüştür (Mbangula 1996).

Pentatomidae kötü kokan böcekler olduğundan yiyecek olarak pek tercih edilmez ama belirli türleri popülerdir. Omurgalılar için toksisitesi konusunda çok az kanıt vardır (Berenbaum 1994). Bunların keskin kokulu salgıları göz için zararlı olabilir (Faure 1944).

Zehirli tırtıllara temas etme sonucunda alerjik bir hastalık olarak ortaya çıkan Lepidopterizm'den korunmak için tırtılların rahatsız edici kılları ve diğer çıkıntılarını yakılarak temizlenir. Lepidopterizm deri iltihabı, algojenik reaksiyon, alerjenite ve hatta ölümle bile sonuçlanabilir (Muyay 1981; Blum 1994).

Böceklerdeki kitin, asidik memeli kitinaz (AMCaz) ve kitotriosidaz (kit) diye iki tip kitinaz tarafından sindirilir. Entomofajinin yüksek oranda görüldüğü tropik bölgede AMCaz aktivitesi yüksektir ve parazitik enfeksiyonlara karşı direnç artışı sağlayabilir (Paoletti *et al.* 2007). Kitin ve kitosan, kandida mantarı (maya benzeri patojen bir mantar cinsi) üzerinde koruyucu bir etkiye sahiptir (Koide 1998). Kitin lipitlere bağlanarak plazmadaki trigliserid ve kolesterol azalmasına neden olur ve sonuçta yağların bağırsakta emilimini azaltır (Koide 1998; Majeti and Kumar 2000). Uzun vadede ise kitosan, kalsiyum eksikliğine yol açabilir ve sonuçta kemik metabolizması ve D vitamini emilimi bozulabilir. Böyle bir durumda hamile bayanlar oldukça risk altındadır.

Üriner sistem mekanizmasındaki etkisi kesin olarak bilinmemekle birlikte böcek tüketiminin üriner sistem taş hastalıklarıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Böceklerin yaygın şekilde yenildiği yerlerde böbrek taşı olan hastalar sıklıkla görülür (Halstead and Valyasevi 1967). Kuzeydoğu Tayland'daki hastanelerde çalışan uzmanlar üriner sistem taş hastalıklarının böcek tüketimiyle ilgili olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Zira 20. yüzyılın başlarında mesane taşları yüzdesi Çin ve Tayland gibi ülkelerde %90

kadar yüksek seviyedeysen, son 50 yılda dikkate değer şekilde azaldığı (Hesse and Siener 1997) kuzeydoğu Tayland'da aynı kaldığı görülmüştür (Curhan *et al.*1996).

MacEvilly (2000) yaptığı çalışmada, alerjiye sebep olan böceklerle ilgili olarak, böceklerin fındık ve kabuklu deniz hayvanlarıyla birlikte tüketilmemesi gerektiğini ve her iki besinin de aşırı duyarlı kişilerde alerjiyi tetiklediğini ifade etmiştir. Bazı tarım alanlarında bulunan yenilebilen böcekler, zirai amaçlı kullanılan ilaçlara maruz kalarak bunları tüketen insanlar üzerinde toksik etki oluşturabilmektedir.

1.5. Böcek Zehirleri

Lepidoptera, Hemiptera ve Hymenoptera zehirli böcek takımları olarak bilinir (Blum 1981). Zehirler Hymenoptera'da iğne, Hemiptera'da ağız parçaları, bazı Lepidoptera larvalarında başkalaşmış setalar aracılığıyla aktarılır. Venomlar (böcek zehri), kimyasal olarak alkaloidler, terpenler, polisakkaritler, biyojenik aminler (histamin gibi), organik asitler (formik asit) ve aminoasitlerden oluşmuştur. Fakat çoğunluğunu peptidler ve proteinler teşkil eder. Venomlar nörotoksik, hemolitik, hemorajik, algojenik ve sindirim olmak üzere farklı tiplerde biyolojik aktiviteye sahiptir (Blum 1981; Schmidt 1986). Salgılanan böcek venomları çok az olduğundan, insanlarda görülen belirtiler daha çok alerjik reaksiyonlarla ilgilidir. Böcek salgısında antijen özelliği gösteren proteinlerden başka toksik maddeler de vardır. Bu maddeler yılan venomları kadar toksik olabilir. Ancak miktarları çok az olduğundan, yüksek hayvanlarda daha çok lokal etki gösterirler (Vural 2005). Böcekler insanlarda çeşitli semptomlar oluşturan injectaut (sokma), ingestaut (yutma) ve inhalant (soluma) alerjenler gibi çeşitli alerjenlerin kaynağıdır (Wirtz 1984; Gorham 1991). Örneğin *Lonomia* tırtıllarının kıllarında bulunan venom, hemorajik (kanama) sendroma sebep olur (Carrijo-Carvalho and Chudzinski-Tavassi 2007).

1.6. Tez Kapsamında İncelenen Böcekler

Çizelge 1.9. Güneybatı Nijerya'dan *Zonocerus variegatus* ve *Oryctes boas*'ın yenilebilir gelişim evreleri.

Order	Familya	Bilimsel Adı	İngilizce Adı	Yerel Adı	Tüketilen Evresi
Orthoptera	Pyrgomorphi dae	<i>Zonocerus variegatus</i>	Grasshopper	Tata	Yetişkin
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Oryctes boas</i>	Scarab beetles	Ogongo	Larva



A



B

Şekil 1.2. (A, B) *Oryctes boas* (yetişkin).



Şekil 1.3. *Oryctes boas* (larva, yenilen evre).



Şekil 1.4. *Zonocerus variegates* (yetişkin).

1.7. Oksidatif Stres

Canlılar için hayati önemi olan oksijen hücrede enerji üretim süreçlerinde kullanılır. Bu enerji üretim süreçlerinde doğal bir yan ürün olan serbest radikaller oluşur (Janos and Krishnamurti 2005). Hücreler serbest radikallerin zararlı etkilerinden korunmak için antioksidanlar üreterek bunları nötralize ederler. Serbest radikallerin oluşumu ile antioksidan savunma mekanizması arasında bir denge olması gerekir. Eğer serbest radikallerin ortadan kaldırılma hızı üretilme hızından daha yavaş gerçekleşirse bu denge bozulur ve hücrede serbest radikaller artar. Serbest radikallerin hücrede artışı ve hücre fonksiyonları üzerinde yaptıkları olumsuz etkiye “oksidatif stres” denir (Çavdar vd 1997). Serbest radikaller bir veya daha fazla eşlenmemiş elektrona sahip, kısa ömürlü, kararsız, düşük ağırlıklı ve çok etkin moleküllerdir. Serbest radikaller, atomik ya da moleküler yapılarda çiftlenmemiş tek elektron bölümleri olduklarından başka moleküller ile çok kolayca elektron alışverişine girerler ve "oksidan moleküller" veya "reaktif oksijen partiküllerini” içerirler (Çavdar vd 1997). Eğer serbest radikaller

nötralize edilmezlerse hücre membran proteinlerini yıkararak, membran lipit ve proteinlerini yok ederek, hücre membranını sertleştirip hücre fonksiyonunu engelleyerek, nükleer membranı geçip nükleustaki genetik materyale etki edip DNA'yı kırılma ve mutasyonlara açık hale getirerek, bağışıklık sistemindeki hücreleri yok edip bağışıklık sistemini zorlayarak vücutta ciddi hasarlara neden olabilirler (Çavdar vd 1997; Burçak and Andican 2004). Serbest radikaller, hücrelerde endojen ve ekzojen kaynaklı etmenlere bağlı olarak oluşurlar. Ekzojen kaynaklı etmenler arasında parakuat, alloksan gibi kimyasallara maruz kalma; karbon tetraklorür, parasetamol gibi ilaç toksikasyonları; iyonize ve ultraviyole radyasyon; sigara dumanı ve hava kirliliği yapan fitokimyasal maddeler; solventler gibi çevresel faktörler; nitrofurantoin, bleomisin, doksorubisin ve adriamisin gibi antineoplastik ajanlar; alkol ve uyuşturucular gibi alışkanlık yapıcı maddeler bulunması nedeniyle serbest radikaller toksikolojik açıdan önemlidir (Çavdar vd 1997; Burçak and Andican 2004). Serbest radikallerin oluşumunu ve bunların meydana getirdiği hasarları sınırlandırmak için biyolojik sistemlerde çeşitli antioksidan savunma sistemleri gelişmiştir (Yıldırım 2003). Canlı hücrelerde bulunan protein, lipid, karbonhidrat ve DNA gibi okside olabilecek maddelerin oksidasyonunu önleyen veya geciktirebilen maddelere “antioksidanlar” ve bu olaya “antioksidan savunma” denir (Çavdar vd 1997). İyi bir antioksidanda bulunması gereken özellikler; ortamdaki serbest radikalleri gidermeli, redoks metallerinin şelatörü olarak görev yapabilmeli, antioksidan sistemdeki diğer antioksidanlarla etkileşimler yapabilmeli, gen ekspresyonu üzerinde olumlu etkileri olmalı, emilimi oldukça hızlı olmalı, dokulardaki ve biyolojik sıvılardaki konsantrasyonları fizyolojik açıdan uygun seviyelerde olmalı, hem membranlarda hem de su içeren ortamlarda fonksiyonel olmalıdır (Valko *et al.* 2006).

1.8. Genotoksisite

Genetik toksikoloji, temel olarak kalıtım materyali olan DNA üzerinde meydana gelen toksik etkileri inceleyen bilim dalıdır. DNA içerisinde kimyasal olarak kodlanan genetik bilgi, replike edildikten sonra mümkün olduğunca aslına uygun bir biçimde oğul döllere aktarılmalıdır. Bu esnada, gerek normal biyolojik süreçler sonucu gerekse

DNA'nın doğrudan ya da dolaylı olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerle etkileşimi sonucu çeşitli bozulmalar meydana gelebilmektedir. İşte bu şekilde, kalıtım materyali olan DNA üzerinde hasarlara yol açan etmenleri tanımlamak için "genotoksik" terimi kullanılmaktadır (Brusick 1987). Genotoksik maddeler etkilerini temel olarak iki yolla göstermektedirler;

a) Ya doğrudan ya da dolaylı olarak DNA üzerinde hasarlar meydana getirebilirler.

b) Hücre içerisinde süregelen onarım mekanizmalarında bozukluklara neden olarak, kendiliğinden olan DNA hasarlarının frekansını yükseltebilirler (Kirsch-Volders at al., 2003).

Genetik toksikoloji testlerinde ana hedef DNA molekülü olduğundan dolayı, elde edilen sonuçlar aynı zamanda insan sağlığı ile ilgili olarak ortaya çıkabilecek problemlerin tahmininde de kullanılmaktadır. Bu nedenle bir türde DNA hasarı oluşturduğu bilinen bir kimyasal maddenin, diğer türlerde de benzer etkiler gösterebileceğini söylemek mümkündür. Bugün genotoksik etkilerin incelenmesi amacıyla mikroorganizmalar, böcekler, bitkiler ve omurgalı hayvanlar üzerinde uygulanabilecek olan 200'den fazla kısa-sürelili test metodu bulunmaktadır (Waters *et al.* 1988). Bir genotoksisite test yönteminde olması istenen temel özellikleri şöyle sıralayabiliriz;

- Uygulama açısından basit olması,
- Genetik hasarları belirlemede etkin olması,
- Hızlı sonuç vermesi,
- Ekonomik olması,
- Analiz için az sayıda örneğin yeterli olması.

Günümüzde bu kriterleri sağlayan, birçok doku ve organizma üzerinde *in vivo* ve *in vitro* olarak en yaygın kullanılan test metodlarının başında Mikroçekirdek Testi gelmektedir (Ma 1981; Scarpato *et al.* 1990). Bunun yanı sıra Kardeş-Kromatid Değişimi Testi (KKD), Kromozom Aberasyonları Testi (KA), Ames, Single cell gel

(SCG) ve Fluorescence in situ hybridization (FISH) genetik toksikoloji alanında kullanılan başlıca testlerdir.

Mitotik hücre bölünmesinin metafaz/anafaz geçiş safhaları esnasında klastojenik etki sonucu kromozomlardan kopmuş olan fragmentlerin ya da anojenik hatalara bağlı olarak ana çekirdeğe dahil olamayan tam kromozomlardan oluşan ve hücre bölünmesi sonucunda sitoplazma içerisinde ana çekirdek yanında gözlenen ikinci bir küçük çekirdek yapısı “mikroçekirdek” olarak adlandırılmaktadır (Heddle *et al.* 1983). Mikroçekirdek oluşumunu indükleyen her ajan klastojen veya anojen olmayabilir. Mikroçekirdek oluşumuna gen amplifikasyonu veya apoptozis gibi diğer bazı etkenler de yol açabilmektedir.

İlk olarak memeli sistemler için geliştirilmiş olan MÇ testi, farklı etmenlerin genotoksik etkilerinin araştırılmasında oldukça yaygın olarak kullanılan bir test metodu haline gelmiştir. İnterfaz hücrelerinde mikroçekirdek sayımı teknik açıdan metafaz analizlerine oranla çok daha kolay ve hızlı bir yöntemdir. Bu nedenle son yıllarda bir genotoksisite test metodu olarak mikroçekirdek testine olan ilgi artmış ve memeliler dışındaki diğer omurgalılar yanında bazı omurgasız hayvanlar ile bitkilere de uygulanmaya başlanmıştır (Ma 1981; Scarpato *et al.* 1990). MÇ sayımı Courtyman and Heddle (1976) tarafından belirlenen kriterlere göre yapılmaktadır. Bu kriterler;

- MÇ çapı esas çekirdeğin 1/3'ünden küçük olması,
- MÇ'ler esas çekirdeğe bağlı veya bitişik olmaması,
- Boya alma yoğunluğu esas çekirdekle aynı olması,
- Sadece sitokinezi bloke edilmiş çift çekirdekli hücrelerdeki MÇ'lerin sayılması

esaslarını kapsamaktadır (Fenech 2000; Demirel ve Zamani 2002).

Yukarıdaki bilgilerin ışığında şunlar söylenebilir:

1. Böcekler, ya besleyici bir besin takviyesi ya da lezzetli bir yiyecek olarak dünyanın bazı bölgelerinde beğeniyle tüketilmektedir.
2. Gelişmekte olan bazı ülkelerde nüfus artışı ve tarım alanlarının az olmasından dolayı gıda kaynaklarının yetersizliği veya kalitesizliğinin oluşturduğu problemin çözümü için böceklerin yetiştirilmesi ve yenmesi teşvik edilmektedir.
3. Yenilebilen böceklerin genotoksik ve oksidatif etkileriyle ilgili literatürde sınırlı sayıda araştırma mevcuttur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Adamolekun (1993), Güneybatı Nijerya'da yetersiz beslenmiş bireylerde *Anaphe venat* (Butler) larvalarını tükettikten sonra mevsimsel olarak ataksik sendromun ortaya çıktığını rapor etmiştir.

Akinnawo *et al.* (2002), işlenmiş ve ham haldeki *Cirina forda* larvalarının sulu ekstrelerinin toksisitesini, beyaz albino fare ve ratlarda çalışmışlardır. Ekstreleri farelere ağız yoluyla vererek davranışlarını gözlemlemiş ve kan değerlerini incelemişlerdir. Ham larva ekstresinin toksik olduğunu ve merkezi sinir sisteminin toksin etkisinin hedefi olabileceğini kaydetmişlerdir. İşlenmiş larva ekstresinin ise nörotoksik ve hepatotoksik olmadığını, farelerde ve ratlarda herhangi bir klinik sendroma yol açmadığını rapor etmişlerdir.

Iwalewa *et al.* (2005), *Anaphe venata* larvası polar ve non-polar ekstrelerinin sub-akut toksisite ve biyokimyasal etkilerini farelerde çalışmışlardır. Sub-akut toksisite çalışmasında, yedi gün boyunca ekstrelerin ağızdan verilmesinden sonra ataksik sendromunun belirtileri olan çarpıntı, kasılma ve gerilme gibi davranışsal bileşenlerde bir artış gözlemlemişlerdir. Ayrıca kimyasal bileşen ve toksisite seviyesinde benzer bir belirti olarak polar ve non-polar ekstreler arasında bu bileşenlerde kayda değer bir farklılık oluşmadığını gözlemlemişlerdir. Çalışılan temel organların ağırlığıyla birlikte enzim aktivitelerinde bir artış olduğunu ama kontrollerden kayda değer bir farklılık olmadığını bildirmişlerdir. Ataksik sendromunun aslında larvaların uzun bir süre boyunca devamlı olarak tüketilmesi sonucu toksin etkisinin birikmesi nedeniyle ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Ancak ataksik sendromuna sebep olan ekstrelerin etkisinin reseptörler ve nörotransmitterler açısından daha fazla çalışılmasına ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

İncekara *et al.* (2008), *Callimenus latipes* türü çekirgenin sulu ekstresinin *in vitro* şartlarda insan lenfositleri üzerinde genetik ve oksidatif etkilerini araştırmış ve sonuçta

aseton, etanol ve dietil eter gibi çeşitli çözücülerde hazırlanan farklı *C. latipes* ekstralarının kontrol değerleriyle karşılaştırıldığında herhangi bir mutajenik potansiyele sahip olmadığı fakat artan dozlarında sitotoksitesinin dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca *in vitro* şartlarda MÇ ve TAK testlerinin ortak kullanımının, mutajenite ve karsinojeniteye bağlı olarak yenilebilen böceklerin potansiyel sağlık risklerinin değerlendirilmesine olanak sağlayabileceğini ileri sürmüşlerdir.

İncekara and Türkez (2009), bazı yenilebilen böceklerin sulu ekstralarının insan kan lenfosit kültürü üzerinde genotoksik etkilerini ilk kez Kardeş-Kromatid Değişimi (KKD) testi ile araştırmışlardır. Araştırma sonucunda test ettikleri yenilebilen sucül böcek türlerinin mutajenik potansiyele sahip olmadığı rapor edilmiştir.

Türkez *et al.* (2010), suda çözünebilen *Saga ephippigera ephippigera* ve *Callimenes dilatatus* ekstralarının farklı konsantrasyonlarına (1, 5, 10, 20, 25, 50, 75 ve 100 mg/l) tabi tutulan insan tam kan kültürlerindeki genotoksitesiyi belirlemişlerdir. *In vitro* şartlarda sulu ekstralarla oluşturulan DNA ve kromozom hasarlarının tespitinde ilk kez Kromozom Aberasyonu (KA) ve Mikroçekirdek (MÇ) testleri kullanılmıştır. Test edilen konsantrasyonlarda bu ekstraların genotoksik etkilerinin bulunmadığı sonucu ortaya çıkarılmıştır. Yenilebilir böceklerin mutajenite ve karsinojenite ile ilgili potansiyel sağlık risklerinin değerlendirilmesinde *in vitro* genotoksitesinin biyolojik izlenmesinin faydalı olabileceği önerilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEMLER

3.1. Materyal Temini

Adedoyin Davies Banjo (Olabisi Onabanjo Üniversitesi, Nijerya) ve Bamidele Temitope Fasunwon (Tai Solarin Üniversitesi, Nijerya) tarafından Güneybatı Nijerya'dan toplanan taze *Zonoceros variegatus* ve *Oryctes boas* numuneleri tarafımıza gönderilmiştir.

3.2. Böcek Ekstrelerinin Hazırlanışı

Nijerya'daki iki yaygın yenilen böcek türü *Zonoceros variegatus* ve *Oryctes boas* doğal ortamlarından toplanmış ve herhangi bir kimyasala maruz bırakılmadan öldürülmüştür. *Zonoceros variegatus* ve *Oryctes boas*'ın suda çözülmüş özleri kültüre eklenmiştir. Stok çözelti 1 g. kurutulmuş böcek tozunun 1000 ml. saf suda manyetik karıştırıcı ile çözülmesi ile elde edilmiştir. Stok çözelti seyreltilerek kültür tüplerine eklenmiştir. Yapılan ön denemelerden elde edilen sonuçlar ve mevcut literatür bilgileri doğrultusunda yenilebilen böceklerin sulu ekstrelerinin kültürlere uygulanacak olan konsantrasyonları 0, 5, 10, 15, 25, 40, 75, 100, 200, 500, 1000 ve 2000 ppm olacak şekilde belirlenmiştir.

3.3. Hücre Kültürleri

Sigara kullanmayan ve buldukları çevrede herhangi bir toksik ajana maruz kalmamış beş sağlıklı erkek bireyden heparinize kan numuneleri alındı. Bu çalışmada tüm gönüllülerde hematolojik ve biyokimyasal parametreler analiz edildi ve herhangi bir patolojik duruma rastlanmadı. Periferik kan kültürleri, Evans ve O'Riordan (1975) tarafından açıklanan protokolün modifikasyonu ile kuruldu. Kültür karanlık ortamda 37°C'de 72 saat inkübasyona alındı. 0,5 mL heparinize kan fitohemaglutinin içeren (Biochrom 5 mg/mL) besi yeri ortamında (kromozom medium B; Biochrom, Berlin 6

mL.) kültüre alındı. KA ve MÇ testleri 72 saatlik muameleden sonra lenfositler üzerinde gerçekleştirildi. TAK ve TOD testleri muameleden 2 saat sonra plazma numuneleri üzerinde yürütüldü. Her kültürün böcek özü içermeyenleri, kontrol grubu olarak çalışıldı. Mitomisin C (10-7M), CA ve MN testleri pozitif kontrol olarak kullanıldı. Aynı şekilde, askorbik asit (10µM) ve hidrojen peroksit (25µM) sırasıyla, TAK ve TOD analizi pozitif kontrol olarak kullanıldı.

3.4. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışmada kullanılan kromozom medium B Biochrom® firmasından, cytochalasin-B, L-glutamine, giemsa Sigma® firmasından, potasyum klorür (KCl), glasiyal asetik asit ve sodyum hidrojen fosfat (Na₂HPO₄) Riedel-de Haent® firmasından, metanol, potasyum dihidrojen fosfat (KH₂PO₄) Fluka® firmasından, sodyum heparin Roche firmasından, TAK ve TOD kitleri Rel Assay Diagnostics® firmasından temin edilmiştir.

3.5. Kullanılan Aletler ve Cihazlar

Araştırmalar esnasında kullanılan aletlere ve cihazlara ait bilgiler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan alet ve cihazlar.

Alet ve cihazlar	Temin edildikleri firmalar
Distile su cihazı	Easypure RF compact ultarpure ws, USA
Etüv	Heraeus FB 420, Germany
Hassas terazi	Sartorius AG, Germany
Mikroskop	Prior T-100 mA, England
Otomatik pipet	Finpipette Labsystems, Finland
pH metre	Handylab - 2BNC
Santrifüj	Heraeus 4600, Germany
Spektrofotometre	Beckman DU 500, USA
Su banyosu	Nüve BM 101, Nüve M.S. L.T. A, Ankara

3.6. Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanması

Hipotonik çözeltinin hazırlanışı: 0,5592 g KCl tartılarak 100 ml distile suda çözüldü. Konsantrasyonu 0,075 M olan KCl çözeltisi kullanılmadan önce etüvde 37°C'ye kadar ısıtıldı.

Tespit (Fiksatif) çözeltisinin hazırlanışı: 1 kısım Glasiyel asetik asitin üzerine 3 kısım metanol ilave edilerek iyice karıştırıldı. Solüsyon her kullanım için taze olarak hazırlandı. Kullanmadan önce buzdolabında (+4°C'de) soğutuldu.

Giemsa boya çözeltisinin hazırlanışı:

- **A Çözeltisi:** Na₂HPO₄'ten 11,88 g tartılarak 1 litre distile suda çözüldü.
- **B Çözeltisi:** KH₂PO₄'ten 9,08 g tartılarak 1 litre distile suda çözüldü.

A çözeltisinden 30 ml şaleye konuldu. Üzerine; pH metre 6,8'i gösterinceye kadar B çözeltisinden ilave edildi. Sonra üzerine 5 ml Giemsa boyası eklendi. Pipetajla karıştırıldı. Üzerinin yağı kurutma kâğıdı ile alındı. Çözelti oda ısısında muhafaza edildi.

3.7. Yöntemler

3.7.1. Genotoksisite testleri

MÇ Testi: Kültüre 44 saat sonra cytochalasin B (son konsantrasyonu 6 mg / ml Sigma) ekleyerek MÇ testi yapıldı. 72 saatlik kültür döneminin sonunda, lenfositler, buz gibi soğuk metanol / asetik asit (1:1, v / v) ile tespit edildi. Tespit edilmiş hücreler sitospin kullanılarak direkt lam üzerine yerleştirildi ve Giemsa solüsyonu ile boyandı. Bütün lamlar değerlendirmeden önce numaralandırıldı. Değerlendirme kriterleri Fenech (1993)

tarafından tanımlandığı gibi kabul edildi. Bir, iki veya daha fazla mikroçekirdek varlığı için konsantrasyon başına en az 1000 çift çekirdekli lenfosit incelendi.

KA Testi: Yapısal kromozom anormallikleri analizi için (kromatid ve kromozom gap ve kromatid ya da kromozom kırığı) analizi için 72 saatlik kültürler yapılmıştır. Hasattan önceki iki saatte 0,1 ml kolşisin kültür tüpüne eklendi. Preparatları hazırlamak için kuru havada, temiz bir lam üzerine 3–5 damla sabitlenmiş hücre solüsyonu damlatıldı. Preparatlar %3'lük Giemsa solüsyonu ve fosfat tamponunda (pH:6,8) 15 dakika bekletilerek boyandı. 20 farklı metafaz plağında kromozom aberasyonları varlığı her bir konsantrasyonda analiz edildi (IPCS 1985).

3.7.2. Biyokimyasal analizler

Yenilebilen böceklerin sulu ekstrelerinin doza bağlı olarak 2 saatlik *in vitro* kan kültürleri üzerine biyokimyasal etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla toplam antioksidan kapasitesi (TAK) ve toplam oksidatif durum (TOD) ölçüldü.

Toplam Antioksidan Kapasitesi (TAK): TAK düzeylerinin tespitinde Rel Assay Diagnostics® firması tarafından üretilen TAS (total antioxidant status) ticari kitleri kullanıldı (Erel 2004).

Kit Bileşenleri;

- Reaktif 1 Solüsyonu: 50 ml
- Reaktif 2 Solüsyonu: 10 ml
- Standard 1 Solüsyonu: 10 ml
- Standard 2 Solüsyonu: 10 ml

30 µl plazma örneğinin bulunduğu kuvartz küvete 500 µl Reaktif 1 solüsyonundan ilave edilerek 660 nm'de ilk absorbansı okundu. Daha sonra aynı küvete 75 µl Reaktif 2

solüsyonundan eklenerek oda sıcaklığında 10 dk bekletildi. Bekleme sonunda 660 nm’de ikinci kez absorbansı okundu. Elde edilen absorbans değerleri ve aşağıdaki formül kullanılarak TAK düzeyleri mmol Trolox Equiv./L cinsinden tespit edildi.

$$\text{TAK (mmol Trolox Equiv./L)} = [(\Delta\text{Standart 1'in değeri}) - (\Delta\text{Örneğin değeri})] /$$

$$[(\Delta\text{Standart 1'in değeri}) - (\Delta\text{Standart 2'nin absorbansı})] \times 20$$

Toplam Oksidan Durum (TOD): TOD (total oksidan durum), tam otomatik kolorimetrik bir yöntemdir. İncelenen numunede bulunan oksidanlar ferroz iyon-*o*-dianisidin yapısını ferik iyon oksitler. Bu reaksiyonu ortamda bulunan gliserol yaklaşık üç kat hızlandırmaktadır. Asidik ortamda ferrik iyonlar “xylenol orange” ile renkli bir kompleks meydana getirirler. Numunede bulunan oksidanların miktarıyla ilişkili olan rengin yoğunluğu spektrofotometrik olarak ölçülerek değerlendirme yapılır. Araştırmamızda Rel Assay Diagnostics® firması tarafından üretilen TOS (total oxidant status) ticari kitleri kullanıldı.

Kit Bileşenleri;

- Reaktif 1 Solüsyonu: 50 ml
- Reaktif 2 Solüsyonu: 10 ml
- Standard 1 Solüsyonu: 10 ml
- Standard 2 Solüsyonu: 10 ml

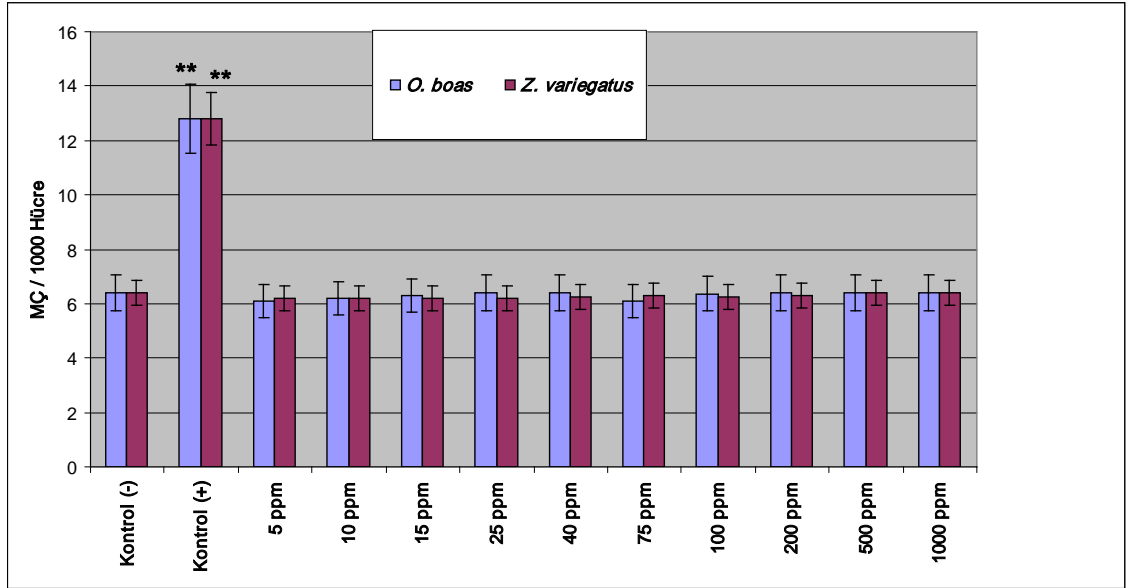
75 µl plazma örneğinin bulunduğu kuvartz küvete 500 µl Reaktif 1 solüsyonundan ilave edilerek 530 nm’de ilk absorbansı okundu. Daha sonra aynı küvete 25 µl Reaktif 2 solüsyonundan eklenerek oda sıcaklığında 10 dk bekletildi. Bekleme sonunda 530 nm’de ikinci kez absorbansı okundu. Elde edilen absorbans değerleri ve aşağıdaki formül kullanılarak mmol TOD düzeyleri Trolox Equiv./L cinsinden tespit edildi.

TOD ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ Equiv./L) = ($\Delta\text{Örneğin değeri}/\Delta\text{Standart 2'nin değeri}$) x (Standart 2 değeri).

İstatistiksel analiz: İstatistiksel analiz SPSS programı kullanılarak yapıldı (versiyon 13.0, SPSS, Chicago, IL, USA). İstatistiksel kararlar, 0,05 anlamlılık düzeyi ile yapıldı.

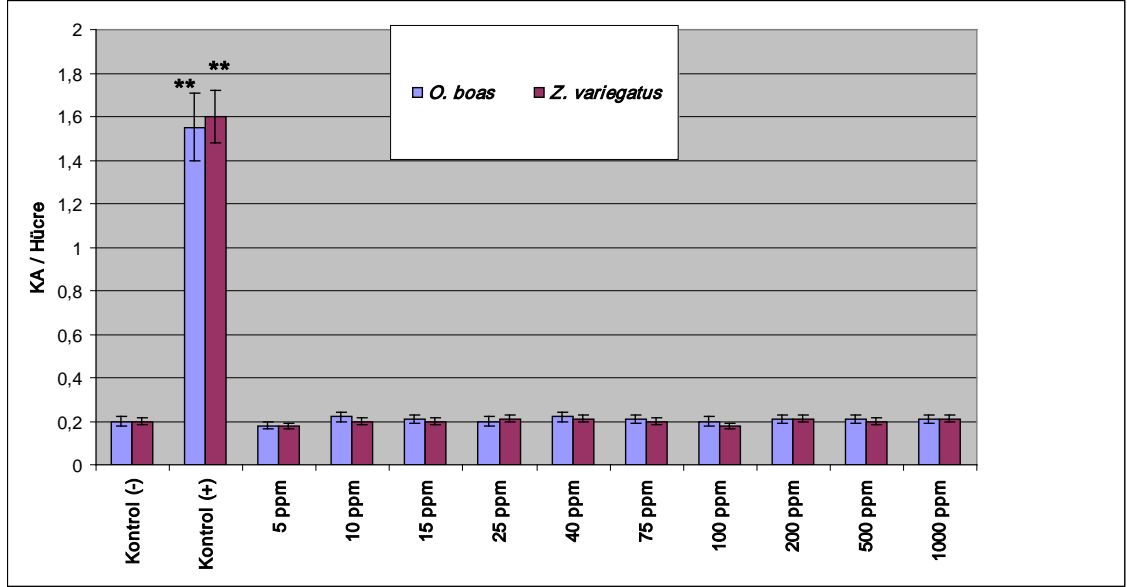
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmamızın sonuçları, insan lenfosit kültürlerinde kontrol grubuna kıyasla *Z. variegatus* ve *O. boas* sulu ekstralarının MÇ /1000 hücre frekansı değerlerini değiştirmedığını ortaya koydu (Şekil 4.1). Benzer şekilde bulgularımıza göre, *Z. variegatus* ve *O. boas*'ın sulu ekstraları çeşitli test konsantrasyonlarında KA / hücre oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir artışa ($p > 0.05$) neden olmamıştır (Şekil 4.2). Bununla birlikte, insan tam kan kültürlerinde, yüksek konsantrasyonlarda (1000 ve 2000 ppm) *Z. variegatus* ve *O. boas* ekstralarının uygulanmasından sonra kültürde üreme koşulları olumsuz etkilendi.



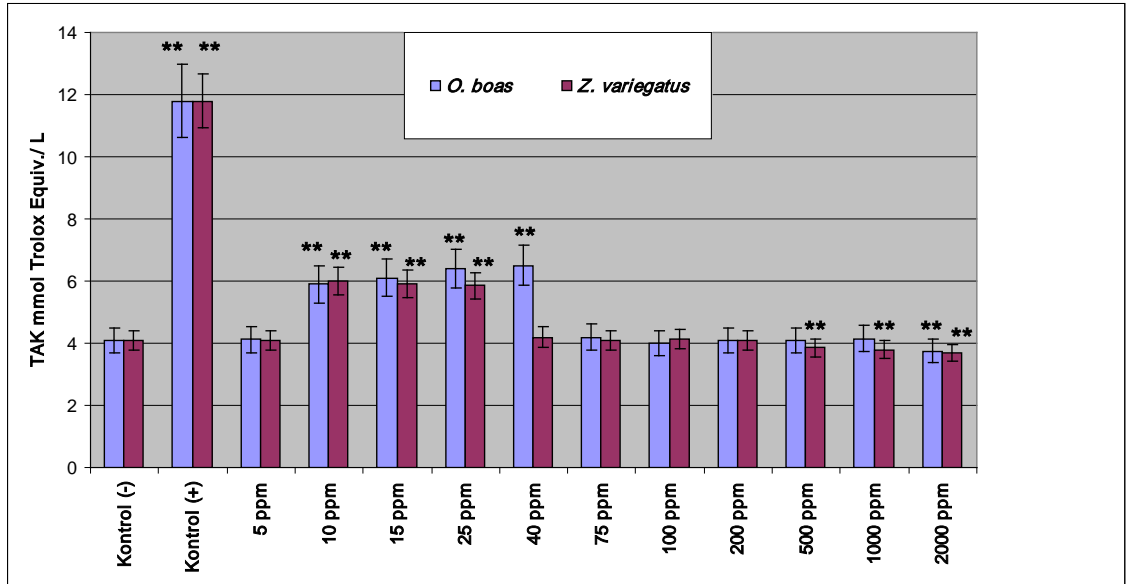
Şekil 4.1. *Zonoceros variegatus* ve *Oryctes boas* maruziyeti sonrasında gözlenen *in vitro* MÇ / 1000 hücre değerleri

* (Ortalama değerler \pm standart sapma, ** sembolü kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli farklılıkları ifade etmektedir).



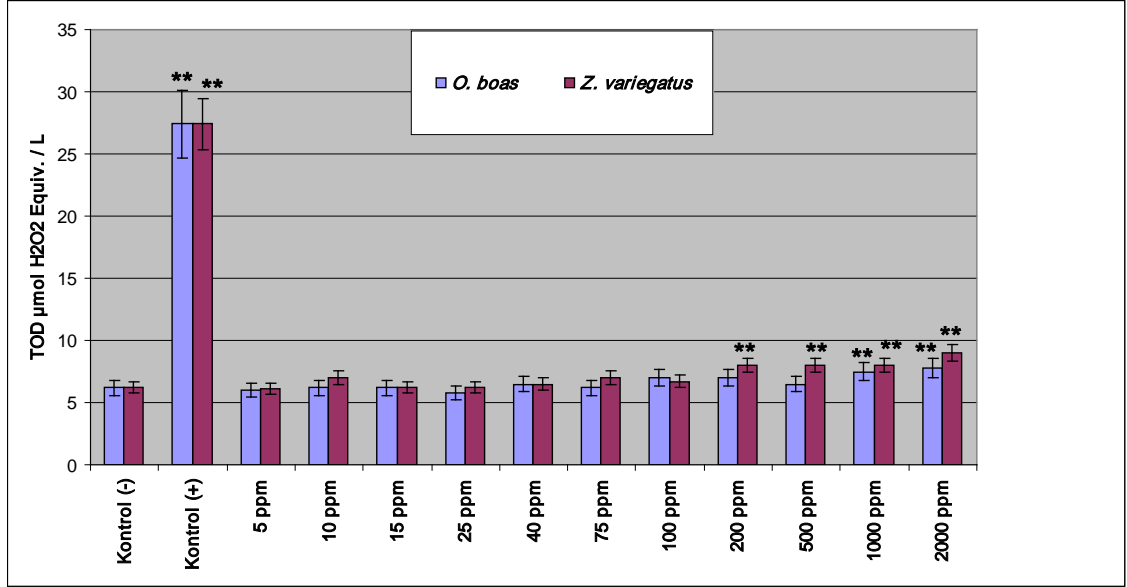
Şekil 4.2. *Zonoceros variegatus* ve *Oryctes boas* maruziyeti sonrasında gözlenen *in vitro* KA / hücre değerleri

* (Ortalama değerler \pm standart sapma, ** sembolü kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli farklılıkları ifade etmektedir).



Şekil 4.3. *Zonoceros variegatus* ve *Oryctes boas* maruziyeti sonrasında gözlenen *in vitro* TAK değerleri

* (Ortalama değerler \pm standart sapma, ** sembolü kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli farklılıkları ifade etmektedir).



Şekil 4.4 *Zonoceros variegatus* ve *Oryctes boas* maruziyeti sonrasında gözlenen *in vitro* TOD değerleri

*(Ortalama değerler ± standart sapma, ** sembolü kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli farklılıkları ifade etmektedir).

O. boas ekstralarının farklı konsantrasyonları (10, 15, 25 ve 40 ppm) negatif kontrol değeri ile kıyaslandığında TAK düzeyinde önemli artışa neden oldu. Benzer şekilde, *Z. vareigatus* ekstralarının 10, 15 ve 25 ppm konsantrasyonlarında uygulanması TAK değerinde artışlara yol açtı. Bununla birlikte, *O. boas* ve *Z. vareigatus* ekstraları sırasıyla 500 ve 1000 ppm'den daha yüksek konsantrasyonlarda, TAK düzeylerinde azalmalara neden oldu (Şekil 4.3). *O. boas* (1000 ve 2000 ppm) ve *Z. vareigatus* (200, 500, 1000 ve 2000 ppm) ekstraları yüksek konsantrasyonlarda TOD düzeylerinde belirgin artışlara ($p < 0.05$) neden oldu (Şekil 4.4).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünyanın pek çok bölgesinde çeşitli böcek türleri önemli bir besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yenilebilir böcekler, dünyada bu kadar yaygın halde olmasına rağmen, literatürde genotoksik ve oksidatif etkileri ile ilgili oldukça sınırlı bilgi mevcuttur. Çok az sayıda yenilebilir böcek türünün genotoksik potansiyelleri insan tam kan kültürleri üzerinde kardeş kromatid değişimi (KKD) ve mikroçekirdek (MÇ) yöntemi ile test edilmiştir. *In vitro* şartlarda *Hydrophilus piceus*, *Dytiscus marginalis* ve *Cybister sp.* türleriyle hazırlanan ekstrelerin mutajenik etkili olmadıkları rapor edilmiştir (İncekara ve Türkez, 2009; İncekara vd., 2010; Türkez vd., 2010, 2011).

Mevcut çalışmanın sonuçları daha önceki bulguları destekler nitelikte olup, *Z. variegatus* ve *O. boas* ekstrelerinin, insan tam kan kültürlerinde mutajenik potansiyele sahip olmadığını gösterdi. Genellikle temel toksisite bilgisi, insanlar için potansiyel riskin belirlenmesinde önemli bir bakış getirmektedir. Nitekim, genotoksik ajanların belirlenmesinin ve bu ajanlara maruz kalmanın azaltılmasının insanlardaki kanser gelişimini önlemede temel hedefler arasında gösterilmektedir (Bartsch and Malaveille 1989). Bulgularımız ışığında, bu böcek türlerinin güvenle tüketilebileceği; ancak artan dozlarda sitotoksosite'nin de dikkate alınmasının gerekli olduğu önerilmektedir. Ancak yenilebilir böcek ekstrelerinin insan kan dokusunda güvenli konsantrasyonları yalnızca *in vitro* koşullarda geçerlidir. Bu öneriyi genelleştirmek için bu ekstrelerin gastrointestinal bölgeden absorpsiyon kinetiği üzerinde *in vivo* çalışmaların yapılması gerekmektedir.

In vitro bulgularımız, *Z. variegatus* (10, 15, 25 ve 40 ppm) ve *O. boas* (10, 15 ve 25ppm) türlerinin kültürlerinde TAK düzeylerinde önemli artışlara neden olduğunu ortaya koydu. Araştırmamızın bu sonuçları, söz konusu böcek türlerinin vitamin A, B2 ve C içeriğine kısmen atfedilebilir. Aslında vitamin A'nın serbest radikal oluşum hızı ve reaktif oksijen formlarının antioksidanlar ve enzimler tarafından nötralize edilmesi arasındaki denge bozukluğu ile karakterize edilen oksidatif strese karşı insan vücudunun

korunmasında önemli rolü olduğu rapor edilmiştir (Rutkowski *et al.* 2010). Vitamin C'nin enzimatik olmayan antioksidan sistemlerin önemli bir elemanı olan glutatyonla birleşebildiği rapor edilmiştir. Ayrıca B₂ vitamininin, indirgenmiş durumdaki glutatyonları koruyan glutatyon redüktazın başlıca kofaktörü olarak rol oynadığı belirtilmiştir. Bu nedenlerden dolayı bir antioksidan vitamin olarak kabul edilebilir (Böhles 1997). Güçlü antioksidan savunması ile Ca, P, Mg ve Fe gibi mineral içeriği arasındaki ilişkiler de rapor edilmiştir (Kharb and Singh 2000). Mevcut çalışmanın sonuçlarında *O.boas* ve *Z. vareigatus* ekstrelerinin sırasıyla, 500 ve 1000 ppm'den daha yüksek konsantrasyonu TAK seviyelerinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Ayrıca ekstrelerin hem bu konsantrasyonları hem de daha yüksek konsantrasyonlarında (1000 ve 2000 ppm) oksidatif stres artışı olmuştur. Bu nedenle TOD düzeyleri artışı, böcek özlerinin aşırı dozda uygulamalarının sitotoksik etkisi ile açıklanabilir.

Genellikle, böcekler açlığı yatıştırmak için acil gıda olarak kullanılmakla birlikte, yıl boyunca ya da mevsimsel olarak diyetin normal bir parçası olarak ta yer almaktadır. Böceklerle beslenme günden güne dünya çapında daha yaygın hale gelmektedir (Memorial University 2010). Bu nedenle popüler yenilebilir bu böcek türlerinin potansiyel genotoksik etkileri hakkında ileri tetkikler yapılmalıdır. Böceklerin insan gıdası olarak kullanımı teşvik edilirken, tüketicilerin maximum fayda sağlaması için genotoksik potansiyellerinde dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca bulgularımız ışığında MÇ ve KA testlerinin birlikte kullanımının yenilebilen böceklerin karsinogenez ve mutagenезle ilgili potansiyel sağlık risklerinin değerlendirilmesinde hizmet edebilecek uygun ve geçerli bir *in vitro* yaklaşım olduğu da önerilmektedir.

5.1. Sonuç

Mevcut bulgulara göre, test edilen türlerin güvenle tüketilebileceği, ancak oksidatif strese bağlı olarak görülmesi muhtemel genetik hasarların da dikkate alınması gerektiği kanaatine varılmıştır. Bununla birlikte, yenilebilen böcek türlerinin potansiyel sağlık risklerinin oksidatif ve genotoksik parametreler ile araştırılmasında periferik insan kan dokusunun faydalı bir model olabileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adamolekun, B., 1993. *Anaphe venata* entomophagy and seasonal ataxic syndrome in southwest Nigeria. *Lancet*, 341, 629.
- Agbidye, F.S., Ofuya, T.I. and Akindele S.O. 2009. Some edible insect species consumed by the people of Benue State, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8, 946-950.
- Akinnawo, O., Abatan, M. O. and Ketiku A. O. 2002. Toxicological study on the edible larva of *Cirina forda* (Westwood). *African Journal of Biomedical Research*, 5, 43- 46.
- Andary, C., Motte-Florac, E., Ramos-Elorduy, J. and Privat A., 1996. Chemical screening: updated methodology applied to medicinal insects. In: 3rd European Colloquium on Ethnopharmacology, 5., and International Conference of Anthropology and History of Health and Disease, 1., Gênova. Abstracts Gênova: Erga Edizione, CD-ROM.
- Anon, 1992. *Eucheira socialis* – another edible insect which indigenous people are trying to protect from ecological destruction. *The Food Insects Newsletter*, 5, 4.
- Anonymous, 2003a. http://www.foodinsects.com/book7_31/ 28.03.2012
- Anonymous, 2003b. How To Use Insects As Food. <http://members.aol.com/keninga/insects.htm>. 28.03.2012
- Bailey, S., 1999. Bugfood II: Insects as Food!?! University of Kentucky Department of Entomology
<http://www.uky.edu/Agriculture/Entomology/ythfacts/bugfood/bugfood2.htm>
19.08.2011
- Banjo, A.D., Lawal, O. A. and Songonuga E.A., 2006. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 5 (3), 298-301.
- Bartsch, H. and Malaveille C. 1989. The relation between carcinogenesis and mutagenesis: re-evaluation. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 173 (8), 1005-1012.
- Berenbaum, M.R., 1993. Sequestered plant toxins and insect palatability. *The Food Insects Newsletter*, 6 (3), 6-9.
- Berenbaum, M.R., 1994. Some follow-up discussion – Professor Berenbaum’s article on the sequestering of plant toxins by insects. *The Food Insects Newsletter*, 7 (3), 5-6.
- Bhuyan, M. and Dutta S.K., 2007. Insect biodiversity and its conservation with special reference to North East India. *Endemic Bioresources of India- Conservation & Sustainable Development with Special Reference to North East India*, Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Dehra Dun, India.
- Blum, M.S., 1981. *Chemical defenses in arthropods*. Academic Pres, 562 p, New York.
- Blum, M.S., 1994. The limits of entomophagy: a discretionary gourmand in a world of toxic Insects. *The Food Insects Newsletter*, 7 (1), 6-11.
- Böhles, H. 1997. Antioxidative vitamins in prematurely and maturely born infants. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research*, 67, 321-328.

- Brusick, D., 1987. Principles of genetic toxicology. Plenum Press, 284 p, New York, USA.
- Burçak, G. ve Andican G., 2004. Oksidatif DNA hasarı ve yaşlanma. Cerrahpaşa J Med., 35, 159-169.
- Capinera, J.L., 2004. Encyclopedia of Entomology. Kluwer Academic, Boston, Mass, USA.
- Carrijo-Carvalho L. and Chudzinski-Tavassi, 2007. The venom of the *Lonomia* caterpillar: an overview. *Toxicon*, 49, 741-57.
- Cherry, R., 1993. Use of insects by Australian Aborigines. *Cultural Entomology Digest* 1, http://www.insects.org/ced1/aust_abor.html (15/06/2011).
- Cherry, R., 2003. Australian Aborigines. http://www.insects.org/ced1/aust_abor.html.
- Clausen, L.W., 1954. Insect fact and folklore. MacMillan, New York.
- Comby, B., 1990. *Delicieux insectes*. Editions Jouvence, 156 p, Geneva.
- Courtyman, R.I. and Heddle J.A., 1976. The production of micronuclei from chromosome aberration in irradiated cultures of human lymphocytes. *Mutation Research*, 41, 321-332.
- Costa-Neto, E.M., 2002. The use of insects folk medicine in the State of Bahai, Northeastern Brazil, with notes on insects reported elsewhere in Brazilian folk medicine. *Human Ecology*, 30 (2), 254-263.
- Cui, H., 1996. Resource insects and utility. China Agriculture Pres, Beijing, 219-228.
- Curhan, G.C., Willett, W.C., Rimm, E.B., Spiegelman, D. and Stampfer M.J., 1996. Prospective study of beverage use and the risk of kidney stones. *American Journal of Epidemiology*, 143 (3), 240-247.
- Çavaş, T., 2004. Endüstriyel Atıkların Genotoksik Etkilerinin Mikronükleus ve AgNOR Analiz Teknikleri Kullanılarak İn-Situ ve Laboratuvar Koşulları Altında Araştırılması. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çiftlikköy Kampüsü, Mersin.
- Çavdar, C., Sifil, A. ve Çamsarı T., 1997. Reaktif Oksijen Partikülleri ve Antioksidan Savunma. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi* 3 (4), 92-95.
- DeFoliart, G.R., 1991. Insect fatty acids: similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation but higher in the polyunsaturates. *The Food Insects Newsletter*, 4 (1), 1-4.
- DeFoliart, G.R., 1992. Insects as human food. *Crop Protection*, 11 (5), 395-399.
- DeFoliart, G.R. 2002. The human use of insects as food resource: a bibliographic account in progress. University of Wisconsin-Madison, Madison, Wis, USA, 2002.
- Demirel, S. ve Zamani A.G., 2002. Mikronükleus tekniği ve kullanım alanları. *Genel Tıp Derg.*, 12 (3), 123-127.
- Diamond G., 2001. Nature's antibiotics: the potential of antimicrobial peptides as new drugs. *Biologist*, 48, 209-212.
- Duffey, S.S., 1980. Sequestration of plant natural products by insects. *Annual Review of Entomology*, 25, 447-477.
- Dunkel, F.V., 1996. Nutritional Value of Various Insects per 100 grams. Montana State University. <http://www.ent.iastate.edu/Misc/insectnutrition.html>. 20/06/2011
- Erel, O. 2004. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry*, 37, 277-285.

- Evans, H.J., and O’Riordan M.L. 1975. Human peripheral blood lymphocytes for the analysis of chromosome aberrations in mutagen tests. *Mutation Research*, 31, 135-148.
- Faure, J.C., 1944. Pentatomid bugs as human food. *Journal of the Entomological Society of South Africa*, 7, 11-112.
- Fenech, M. 1993. The cytokinesis blocks micronucleus technique. A detailed description on the method and its application to genotoxicity studies in human population. *Mutation Research*, 285: 35-44.
- Fenech, M., 2000. The *in vitro* micronucleus technique. *Mutation Research*, 455 (1-2), 81-95.
- Frost, S.W., 1942. *Insect Life and Insect Natural History*. New York, Dover.
- Goodman, W.G., 1989. Chitin, a magic bullet. *The Food Insects Newsletter*, 2 (3), 6-7.
- Gorham J.R., 1991. *Ecology and Management of Food Industry Pests*. FDA Tech. Bull. 4. Association of Official Analytical Chemists, Arlington V.A., 595 p.
- Guanhuan, Y., 1998. Utility of Chinese resource insects and their industrialization. *China Agriculture Science Pres, Beijing*, 5-54.
- Habermann E., 1972. Bee and wasp venoms. *Science*, 177, 314-22.
- Halstead, S.B. and Valyasevi A., 1967. Studies of bladder stone disease in Thailand:III epidemiologic study in Ubol Province. *American Journal of Clinical Nutrition*, 12, 1329-1339.
- Harborne, J.B., 1993. *Introduction to Ecological Biochemistry* 4th ed. Academic Pres, London.
- Heddle, J.A., Hite, M., Kirkhart, B., Mavournn, K., Macgregor, J.T., Newell, G.W. and Salamone M.F., 1983. The induction of micronuclei as a measure of genotoxicity. A report of the U.S. Environmental Protection Agency Gene-Tox Program, *Mutation Research*, 123, 61-118.
- Hesse, A. and Siener R., 1997. Current aspects of epidemiology and nutrition in urinary stone disease. *World Journal of Urology*, 15, 165-171.
- Hider, R.C., 1988. Honeybee venom: a rich source of pharmacologically active peptides. *Endeavour*, 12 (2), 60-65.
- Hogue, C.L., 1987. Cultural entomology. *Annu. Rev. Entomol*, 32, 181-199.
- IPCS (International Program on Chemical Safety), (1985). *Environmental Health Criteria*, 46. In: *Guidelines for the Study of Genetic Effects in Human Populations*. Geneva: World Health Organisation, pp 1-54.
- Iwalewa, E.O., Onayade, O.A., Oyedapo, O.O. and Daniyan O.M., 2005. Sub-Acute Toxicity and Biochemical Effects of extracts of *Anaphe venata* larvae in mice. *African Journal of Biomedical Research*, 8, 89-93.
- İncekara, Ü., Türkez, H., Memiş, E., Güner, A. and Vafaei-Shoushtari R., 2008. The genetic and oxidative effects of *Callimenes latipes* Stal (Tettigoniidae: Bradyporinae) extracts on human whole blood cultures. *Journal of Entomological Research*, 2 (1), 1-5.
- İncekara, Ü., and Türkez H. 2009. The genotoxic effects of some edible insects on human whole blood cultures. *Munis Entomology and Zoology*, 4 (2): 531-535.
- İncekara, Ü., Türkez, H., Memiş, E., Güner, A. and Vafei R. 2010. The *in vitro* cytogenetic and oxidative effects of *Bradyporus latipes* (Tettigoniidae: Bradyporinae) extracts. *Journal of Entomological Research of Islamic Azad University*, 2, 1-5.

- Janos., Z. and Krishnamurti D., 2005. Oxidative Stres and Disease 10: Nutrients and cell signaling. Taylor and Francis, Abstract.
- Jiangzhong, H., Qing, T. and Xianhe H., 1999. Nutritive composition analysis of moths of *Dendrolimus houi* Lajongquiere. *Entomological Knowledge*, 36 (2), 83-86.
- Kharb, S. and Singh V. 2000. Magnesium deficiency potentiates free radical production associated with myocardial infarction. *Journal of Association of Physicians of India*, 48, 484-485.
- Kirsch-Volders, M., Vanhauwaert, A., Eichenlaub-Ritter, U., Decordier, I. 2003. Indirect mechanisms of genotoxicity. *Toxicology Letters* 140-141 : 63-74
- Koide, S.S., 1998. Chitin-chitosan: properties, benefits and risks. *Nutrition Research*, 18 (6), 1091-1101.
- Kritsky, G. and Cherry R., 2000. *Insect mythology*. Writers Club Press, New York.
- Kunin, W.E. and Lawton J.H., 1996. Does biodiversity matter? Evaluating the case for conserving species. In: Gaston KJ (Ed), *Biodiversity: a biology of numbers and differences*, Blackwell Science, Oxford, 283-308.
- Long, S., Ying, F. and Zhao H., 2007. Studies on alkaline solution extraction of polysaccharide from silkworm pupa and its immunomodulating activities. *Forest Research*, 20 (6), 782-786.
- Lyon, W.F., 1996. Insects as Human Food. <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/2000/2160.html>. 20/06/2011
- Ma, T.H., 1981. *Tredescantia micronucleus* bioassay and polen tube chromatid aberration test for in situ monitoring and mutagen screening. *Environmental Health Perspective*, 37, 85-90.
- MacEvelly, C., 2000. Bugs in the system. *Nutrition Bulletin*, 25, 267-268.
- Majeti, N.V. and Kumar R., 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*, 46, 1-27.
- Malaisse, F., 1997. *Se nourrir en foret claire Africaine: approche ecologique et nutritionelle*. Gembloux, Belgium, Presses Agron.
- Mbangula, E., 1996. Worms 'meal' claims three. *New Era*, 1 (245), 18-24.
- Memorial University, 2010. Edible Insects (Web page: <http://www.mun.ca/biology/bpromoters/edibleinsects.php>) (Date accessed: March 2010).
- Mitsuhashi, J., 1992. *Edible insects of the world*. Kokinshoin, Tokyo, Japan, 18-51.
- Muyay, T., 1981. Les insectes comme aliments de l'homme. *CEEBA Serie II*, 69.
- Nightingale, K.W. and Ayim, E.N., 1980. Outbreak of botulism in Kenya after ingestion of white ants. *British Medical Journal*, 281, 1682-1683.
- Oldfield, ML., 1989. *The value of conserving genetic resources*. Washington: National Park Service, 379 p.
- Paoletti, M.G., 2005. *Ecological implications of minilivestock*. Science Pub, Enfield NH, USA.
- Paoletti, M.G., Norberto, L., Damini, R. and Musumeci S., 2007. Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51, 244-251.
- Pedigo, L. P., 2002. *Entomology and PestManagement*. Prentice Hall. New York, USA.
- Pemberton, R.W., 1999. Insects and other arthropods used as drugs in Korean traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 65, 207-216.

- Phillips, J., 1995. Allergies related to food insect production and consumption. The Food Insects Newsletter, 8 (2), 1-2.
- Ramos-Elorduy, J. and Pino, M.J.M., 1989. Los insectos comestibles en el Mexico antiguo, 108 p.
- Ramos – Elorduy, J. (1997). Insects: a sustainable source of food? Ecology of Food and Nutrition, 36, 247-276.
- Ramos-Elorduy, J. 2008. Energy supplied by edible insects from Mexico & their nutritional and ecological importance. Ecology of Food and Nutrition, 47, 280-297.
- Saruhan, İ. ve Tuncer C., 2010. Kültürel Entomoloji Anadolu Tarım Bilim. Derg., 2010, 25(1), 21-27
- Scarpato, R., Migliore, L. and Barale R., 1990. The micronucleus assay in *Anadonta cygnea* for the detection of drinking water mutagenity. Mutation Research, 245, 231-237.
- Schmidt, J.O., 1986. Chemistry, pharmacology and chemical ecology of ant venoms. In T. Piek [ed.], Venoms of the hymenoptera. Academic Press, London, 425-508.
- Srivastava, S.K., Babu, N. and Pandey H., 2009. Traditional insect bioprospecting-as human food and medicine. Indian Journal of Traditional Knowledge, 8 (4), 485-494.
- Steiner, H., Hultmark, D., Engstrom, A., Bennich, H. and Boman H.G., 1981. Sequence and specificity of two antibacterial proteins involved in insect immunity. Nature, 292, 246-248.
- Steyn, D.G., 1962. Grasshopper (*Phymateus leprosus* Fabric.) poisoning in a Bantu child. South African Medical Journal, 36, 822-823.
- Türkez, H., İncekara, Ü. and Erman O., 2010. Biomonitoring of the genotoxic potentials of two edible insects species *in vitro*. Turkish Journal of Entomology, 34 (4), 411-417
- Türkez, H., İncekara, U., Güner, A., Aydın, E., Dirican, E., and Togar B. 2011. The cytogenetic effects of the aqueous extracts of migratory locust (*Locusta migratoria* l.) *in vitro*. African Entomology (in press).
- Valko, M., Rhodes C.J., Mancol J., Izakovic M. and Mazur M., 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. Chemico-Biological Interactions (Limerick), 160, 1-40.
- Vetter, R., 1995. A case of ingestant allergy from eating a grasshopper. The Food Insects Newsletter, 8, 5.
- Vural, N., 2005. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları No: 73, 633-634.
- Waters, M.D., Stack, H.F., Brady, A.L., Lohman, P.H.M., Haroun, L. and Vainio H., 1988. Use of computerized data listings and activity profiles of genetic and related effects in the review of 195 compounds. Mutation Research, 205, 295-312.
- Wirtz, R.A., 1984. Allergic and Toxic Reactions to nonstinging arthropods. Annual Review of Entomology, 29, 47-69.
- Xiaoming, C. and Ying F., 1999. The edible insects of China. Science and Technology Publishing House, 180 p, Beijing.
- Yamakawa, M., 1998. Insect antibacterial proteins: regulatory mechanisms of their synthesis and a possibility as new antibiotics. J Seric Sci, Japan, 67, 163-182.

- Yıldırım, A., 2003. İntakt ve Adrenalektomili Sıçanların Eritrosit ve Mide Dokularında Oksidan ve Antioksidan Parametrelerin Araştırılması. Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Erzurum.
- Ying, F., Xiaoming, C. and Shoude Y., 1999. Records of four species edible insects in Homoptera and its nutritive elements analysis. Forest Research, 12 (5), 515- 518.
- Ying, F., Xiaoming, C. and Shaoyun W., 2000a. The nutritive elements analysis of bamboo insect and review on its development and utilization value. Forest Research, 13 (2), 188-191.
- Ying, F., Xiaoming, C. and Shaoyun W., 2000b. The common edible insects of Hemiptera and its nutritive value. Forest Research, 13 (6), 612-620.
- Ying, F., Xiaoming, C. and Yong C., 2001a. Studies on the nutritive value and food safety of *Ericerus pela* eggs. Forest Research, 14 (3), 322-327.
- Ying, F., Xiaoming, C. and Shaoyun W., 2001b. Three edible Odonata species and their nutritive value. Forest Research, 14 (4), 421-424.
- Ying, F., Xiaoming, C. and Shoude Y., 2001c. The common edible species of wasps in Yunnan and their value as food. Forest Research, 14 (5), 578-581.
- Yuan, L., Darui, W. and Dengbao H., 1992. Analysis of the patterns and contents of amino acids and fatty acids from *M. annandalei* (Silvestri) and *M. barneyi* Light. Acta Nutrimenta Sinica, 14 (1), 103-106.
- Zimmer, C., 1993. The healing power of maggots. Discover, 17, 1-6.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Erzurum'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2003 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümünden 2008'de mezun oldu. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı. 2008-2012 yılları arasında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Zooloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.