

1-1-1998

Fatty Acid Composition in Phospholipid and Triacylglycerol Fractions of *Melanogryllus desertus* Pall. (Orthoptera: Gryllidae)

Mehmet BAŞHAN

Follow this and additional works at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology>



Part of the [Biology Commons](#)

Recommended Citation

BAŞHAN, Mehmet (1998) "Fatty Acid Composition in Phospholipid and Triacylglycerol Fractions of *Melanogryllus desertus* Pall. (Orthoptera: Gryllidae)," *Turkish Journal of Biology*. Vol. 22: No. 3, Article 8. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol22/iss3/8>

This Article is brought to you for free and open access by TÜBİTAK Academic Journals. It has been accepted for inclusion in Turkish Journal of Biology by an authorized editor of TÜBİTAK Academic Journals. For more information, please contact academic.publications@tubitak.gov.tr.

Melanogryllus Desertus Pall. (Orthoptera:Gryllidae)'un Fosfolipid ve Triaçilgliserol Fraksiyonundaki Yağ Asidi Bileşimi

Mehmet BAŞHAN

Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Diyarbakır-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 31.01.1997

Özet: Bu çalışmada, laboratuvar koşullarında stok kültür ortamında yetiştirilen *Melanogryllus desertus*'un on günlük ergin erkek ve dişi bireylerinin fosfolipid ve triaçilgliserol fraksiyonundaki yağ asidi ile stok kültür ortamının total yağ asidi bileşenleri gaz kromatoğrafisi yöntemiyle ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Stok kültür ortamı ve her iki fraksiyondaki analizlerde, yağ asidi bileşenlerinin kantitatif olarak büyük bir kısmını oleik, palmitik ve linoleik asit oluşturdu. Triaçilgliserol ve fosfolipid fraksiyonundaki yağ asitleri kantitatif olarak birbirinden farklıydı. Triaçilgliserolde yüzde olarak en fazla oleik, fosfolipitte ise linoleik asit bulundu. Ayrıca sadece fosfolipid fraksiyonunda aşırı doymamış yağ asitlerinden linolenik asit ile eikosanoitler ve prostaglandinlerin öncül maddesi olan eikosapentaenoik asit saptandı.

Anahtar Sözcükler: *Melanogryllus desertus*, Fosfolipid, Triaçilgliserol, Yağ Asidi Bileşimi.

Fatty Acid Composition in Phospholipid and Triacylglycerol Fractions of *Melanogryllus desertus* Pall. (Orthoptera: Gryllidae)

Abstract: In this study, the fatty acid compositions in phospholipid and triacylglycerol fractions of ten-day-old adults of both sexes of *Melanogryllus desertus* reared on stock culture medium under laboratory conditions, and the total fatty acid composition of the stock culture medium were analysed separately by gas chromatography.

Quantitative analysis of both fractions and the stock culture medium showed that oleic, palmitic and linoleic acids constituted the major part of the fatty acid compositions. The fatty acid compositions of the phospholipid and triacylglycerol fractions were quantitatively different. Moreover, a polyunsaturated fatty acid, linolenic acid and eicosapentaenoic acids which is the precursor of eicosanoid and prostaglandin, were determined only in the phospholipid fraction.

Key Words: *Melanogryllus desertus*, Phospholipid, Triacylglycerol, Fatty Acid Composition.

Giriş

Eikosanoit; 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden homo - γ - linolenik asit (20: 3n-6), arakidonik asit (20: 4n-6) ve eikosapentaenoik asitin (20: 5n-3) oksijenli metabolitleri için kullanılan bir terim olup (1); prostaglandinler, epoksieikosatrienoik asitler, hidroksieikosatetraenoik

asitler, lökotrienler, lipoksinler ve hepoksilinleri kapsamaktadır. Omurgalı ve omurgasız hayvanlarda; davranış, üreme ve taşıma fizyolojisinde aracı madde olarak iş gören eikosanoitlerin (3-7), son zamanlarda yapılan çalışmalarda böceklerde bakteriyel enfeksiyonlara karşı hücrel bağışık yanıtın oluşmasına da katkıda buldukları saptandı (7,8). Ayrıca eikosanoitlerin bir grubunu oluşturan prostaglandinlerin, böceklerde yumurta bırakma davranışını uyardığı (9), mikrobiyal enfeksiyonlara karşı bağışıklık sağladığı (10), ve vücut ısısının düzenlenmesinde önemli rol oynadığı (11) saptandı.

Biyolojik olarak aktif maddeler olan eikosanoitlerin ve prostaglandinlerin öncül maddelerinin 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinin oluşu; böcek fizyolojisinde yağ asitlerinin analizi ile ilgili çalışmaların önem kazanmasını sağlamıştır (12).

Daha önceleri 20 karbonlu aşırı doymamaşı yağ asitlerinin karasal böceklerde olmadığı sanılıyordu (13). Fakat Stanley-Samuelson ve Dadd (14), daha hassas kromatoğrafik teknikler kullanarak, *Teleogryllus commodus*, *Galleria mellonella*, *Tenebrio molitor*, *Periplaneta americana* ve *Anopheles stephensi* gibi değişik ordolara ait böcek türlerinin fosfolipid fraksiyonunda bazı 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerini saptadılar ve bu yağ asitlerinin çoğu böcek lipitlerinin fosfolipidlerinde bulunabileceğini ileri sürdüler. Gerçekten daha sonraki çalışmalarda (15-21), bazı böcek türlerinde -az miktarda dahi olsa - bu maddeler saptandı.

Bu çalışmanın araştırma materyali olan ve Karaçekirge olarak bilinen *M. desertus* üzerinde daha önce yapılan yağ asidi analizi ile ilgili çalışmalarda (22, 23), böceğin, değişik ordolara ait yaklaşık 50 böcek türü için temel olan linoleik asidi (24) sentezliyebildiği saptandı. Anılan çalışmalarda (22, 23), hem yağsız sentetik besin hem de doğal kökenli stok kültür besini ile yetiştirilen böceklerde linoleik asitin ötesinde herhangi bir aşırı doymamış yağ asidi saptanamadı. Bunun nedeni, gaz kromatoğrafik analizlerde fraksiyonlanmamış total vücut yağının kullanılmasıdır. Oysa aşırı doymamış yağ asitleri, özellikle 20 karbonlu olanları, total vücut yağlarının % 2-5 ini oluşturan fosfolipid fraksiyonunda buldukları için, bu yağ asitlerini tespit etmeye yönelik çalışmalarda, total vücut yağları fraksiyonlandırdıktan sonra fosfolipit kısmı analiz edilir.

Bu çalışmada, *M. desertus* ta daha önceki çalışmalarda (22, 23) saptanamayan linolenik asit (18: 3n-3) ile eikosanoit ve prostaglandinlerin öncül maddeleri olan 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinin tespit edilmesine çalışıldı. Bu amaçla, laboratuvar koşullarında stok kültür besini üzerinde yetiştirilen 10 günlük ergin böceklerin total vücut yağları, fosfolipit ve triaçilgliserol olarak fraksiyonlandırdıktan sonra her fraksiyondaki yağ asitlerinin yüzde olarak içeriği gaz kromatoğrafisi tekniği ile saptandı. Ayrıca fraksiyonlardaki yağ asitlerinin yüzde oranlarının birbirinden farklı olup olmadıklarını tespit etmek için yağ asitleri istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

Materyal ve Metot

a-Örneklerin Alınması

Stok kültür besini (25) üzerinde yetiştirilip erginleştirilen böceklerin bıraktığı yumurtalar,

Getzin'e (26) göre steril edildikten sonra 30 °C de inkübasyona bırakıldı. 11-12 günlük inkübasyon süresinden sonra yumurtadan çıkan nimfler, başka bir deney kabına alındı ve 32±2 °C sıcaklık % 50±5 bağıl nem içeren bir iklim dolabında yetiştirildi. Nimflere deney süresince stok kültür besini verildi. Yağ asidi analizinde, böceklerin yetiştirilmesinde kullanılan stok kültür besini ile 10 günlük ergin erkek ve dişi bireyler kullanıldı.

b-Lipid Ekstraksiyonu

Böcekler, kloroform-metanol karışımında (2: 1), 5 dakika süre ile homojenize edildi. Aşırı doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonunun önlemek için ekstraksiyon sistemine, kloroformda %2 oranında hazırlanan bütillenmiş hidroksitoluen maddesinde 50 µl ilave edildi. Stok kültür besinin total yağ asidi analizi için 2 gr. besin kullanıldı. Çözücü azot altında buharlaştırıldıktan sonra, böceklerin total lipit ekstraktları, silikagel sürülmüş ince tabaka kromatoğrafisi pleytlerine (20x20 cm) tatbik edildi. Total lipidler; petrol eteri-dietil eter-asetik asit (80:20:1) karışımında yürütüldü. Pleytler, havada kurutulduktan sonra, 2'7' diklorofosein püskürtülerek lipid fraksiyonları UV altında görünür hale getirildi. Fosfolipid ve triaçilgliserollere ait olan bantlar kazılarak reaksiyon tüplerine aktarıldı. her fraksiyona ayrı ayrı asitli metanol katılarak 90 dakika süre ile geri soğutucu altında 85 °C de ısıtıldı. Böylece yağ asitlerinin, yağ asidi metil esterlerine dönüşmesi sağlandı. Çözelti soğuduktan sonra, bir miktar su eklendi ve metil esterleri hekzan kullanılarak ekstrakte edildi.

c- Yağ Asitlerinin Gaz Kromatoğrafik Analizleri

Yağ asidi metil esterleri azot altında yoğunlaştırıldıktan sonra gaz kromatoğrafisi ile analiz edildi. Yağ asidi metil esterleri, bir sıcaklık programı yapılarak kromatoğraflandı. Analizlerde, polietilen glikol ile sıvanmış DB-Wax kapiller kolon (15 m x 0.35 mm) kullanıldı. Kolon başlangıç sıcaklığı 180 °C, son sıcaklık 200 °C, ramp 3 °C/dak. FID dedektörüne sahip Ati Unicam 610 gaz kromatoğrafisi ile aynı marka 4815 nolu integratör kullanıldı. Dedektör bloğu sıcaklığı 260 °C, enjektör bloğu sıcaklığı 250 °C. Enjeksiyon splitli olarak (40:1) 1µl uygulandı. Tayıncı gaz olarak azot kullanıldı. Gazların akış hızı: azot + make up, 30 ml/dak.; hidrojen, 33 ml/dak.; kuru hava, 330 ml/dak.

d-Verilerin değerlendirilmesi

On günlük ergin erkek ve dişi böceklerin fosfolipid ve triaçilgliserol fraksiyonundan üç tekrarla elde edilen yağ asidi yüzdelerinin karşılaştırılmasında, "T" testi (27) kullanıldı, ortalamalar arası fark 0.05 olasılık seviyesinde "T" değerinden büyük olduğu zaman önemli kabul edildi.

Sonuçlar

Böceklerin beslenmesinde kullanılan stok kültür ortamının total yağ asidi içeriği Tablo 1'de, on günlük ergin erkek ve dişi bireylerinin fosfolipid ve triaçilgliserol fraksiyonundaki yağ asidi

içeriği Tablo 2'de verilmiştir. Besin ve her iki fraksiyonda palmitik (16:0), stearik (18:0) ve linoleik (18:2 n-6) asitler yüzde olarak en fazla bulunan bileşenlerdir (Tablo 1 ver 2). Besinde mevcut olmayan palmitoleik asit (16:1), böceğin her iki fraksiyonunda da saptandı. Tablo 2'de de görüldüğü gibi fosfolipid ve triaçilgliserol fraksiyonundaki yağ asitlerinin kantitatif olarak birbirinden farklı olduğu tespit edildi. Zira, her iki bireyin triaçilgliserolünde en fazla bulunan yağ asidi oleik asit iken, fosfolipid fraksiyonunda ise linoleik asittir. Palmitik ve palmitoleik asitler daha çok triaçilgliserol fraksiyonunda, stearik asit ise fosfolipid fraksiyonunda birikti (Tablo 2). Triaçilgliserolde saptanan lavrik (12:0) ve miristik (14:0) asitler fosfolipitte tespit edilmedi. Ayrıca önceki çalışmalarda (22, 23) saptanamayan linolenik asit (18:3n-3) ile eikosapentaenoik asit, ilk kez bu çalışmada fosfolipid fraksiyonunda tespit edildi.

| Yağ asitleri | Ortalama \pm S.H* | Tablo 1. Böceklerin beslenmesinde kullanılan stok kültür ortamının total yağ asidi yüzdeleri |
|--------------|---------------------|--|
| 12:0 | -- | |
| 14:0 | 0.26 \pm 0.01 | |
| 16:0 | 16.73 \pm 0.64 | |
| 16:1 | -- | |
| 18:0 | 5.15 \pm 0.10 | |
| 18:1 | 30.65 \pm 0.13 | |
| 18:2 | 43.66 \pm 0.14 | |
| 18:3 | 3.55 \pm 0.08 | |

*: Üç tekrarın ortalamasıdır.

Tartışma

Bu çalışmada stok kültür ortamının total yağ asidi içeriği ile laboratuvar koşullarında deney süresince bu ortam üzerinde yetiştirilen Karaçekirge *M. desertus* un 10 günlük ergin erkek ve dişi bireylerinin fosfolipid ve triaçilgliserol fraksiyonundaki yağ asidi içerikleri gaz kromatografisi ile analiz edildi. Nümunelerde, kantitatif olarak en çok palmitik, palmitoleik, stearik, oleik ve linoleik asitler saptandı. Bu sonuçlar Gryllidae familyasının diğer üyeleri ile (28, 29) diğer böcek grupları için (14, 30) saptanan verilere uygunluk göstermektedir.

Böceklerin kalitatif yağ asidi içeriği birbirine benzerse de kantitatif bakımdan bazı istisnalar vardır. Örneğin Dipterlerde palmitoleik asit (% 40), Hemipterlerde miristik asit (% 80), *G. mel-lonela* nın erkek bireylerinin triaçilgliserol fraksiyonunda eikosanoik asit (20:1n-9) (% 20); gibi yağ asitleri, diğer böcek gruplarına oranla yağ asidi profilinde anormal derecede yüksek miktarda bulunurlar (30-32). *M. desertus* ta yaptığımız analizlerde 15:0, 17:0, 17:1 ve 21:0 gibi tek karbon atomlu yağ asitleri saptanmadı. Bu bileşenler sadece *P. americana* nın eksokrin dokusunda (33), *Microdon albicomatus* un fosfolipitlerinde (34) ve *T. molitor* un bazı dokularında (35) çok az miktarda saptandı.

Böceklerde triaçilgliserol ve fosfolipid fraksiyonundaki yağ asitleri kantitatif olarak birbirinden farklıdır. Triaçilgliserolde genellikle doymuş yağ asitleri ile oleik asit gibi bir çift bağ içeren yağ asiti, fosfolipitte ise aşırı doymamış yağ asitleri daha fazla miktarda bulunurlar (17-19, 21, 36). Karaçekirgenin her iki bireyinde de benzer sonuçlar saptadık. triaçilgliserolde palmitik ve oleik asit, fosfolipitte ise linoleik asit, yüzde dağılımda en fazla bulunan yağ asitleridir. Ayrıca stok kültür ortamında olmayan palmitoleik asitin böceklerde saptanması, bu yağ asitinin önemli miktarda sentezlendiğini göstermektedir.

Tablo 2. *M. desertus* 'un 10 günlük ergin erkek ve dişi bireylerinin fosfolipid ve triaçilgliserol fraksiyonundaki yağ asidi yüzdeleri

| Yağ asitleri | Erkek (n:3) | | Dişi (n:3) | |
|-------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | Triaçilgliserol (ORT.±S.H.)* | Fosfolipid (ORT.±S.H.)* | Triaçilgliserol (ORT.±S.H.)* | Fosfolipid (ORT.±S.H.)* |
| 12:0 ^x | 0.66±0.02 | -- | 0.86±0.03 | -- |
| 14:0 | 1.56±0.13 | -- | 2.26±0.15 | -- |
| 16:0 | 26.49±0.89a | 17.34±0.43b | 25.02±1.03a | 16.86±0.76b |
| 16:1 | 3.02±0.06a | 2.02±0.17b | 2.88±0.07a | 1.87±0.14b |
| 18:0 | 6.46±0.17a | 12.39±0.54b | 6.30±0.22a | 12.26±0.25b |
| 18:1 | 39.43±0.86a | 19.27±0.76b | 41.43±1.60a | 18.18±0.56b |
| 18:2 | 20.66±0.72a | 47.80±1.16b | 20.14±0.87a | 49.55±0.78b |
| 18:3 | -- | 0.40±0.03a | -- | 0.32±0.02a |
| 20:0 | 1.86±0.18a | -- | 1.66±0.13a | -- |
| 20:5 | -- | 0.85±0.09a | -- | 0.82±0.07a |

*: Üç tekrarın ortalamasıdır.

x: aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden farklı değildir (P>0.05)

İlk kez bu çalışma ile, *M. desertus* ta eikosanoit ve prostaglandinlerin öncül maddeleri olan linolenik (18: 3n-3) ve eikosapentaenoik asit (20: 5n-3), fosfolipit fraksiyonunda tespit edildi. Aynı böcek ile ilgili önceki çalışmalarda (22, 23), vücut yağları fraksiyonlama yapılmadan analiz edildiği için, bu bileşenler saptanmadı. Çünkü, linolenik asit ve 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitleri genellikle hücre zarının yapısına girdikleri ve fosfolipid fraksiyonunda biriktikleri için (8, 19, 21), bu yağ asitlerini tespit etmeye yönelik çalışmalarda fosfolipid fraksiyonunda yağ asiti analizinin yapılması gerekir.

Böceklerde linolenik asidin yüzde dağılımı çoğunlukla farklıdır. Bu yağ asidi, bazı fitofaj böceklerde yağ asitlerinin % 20 den fazlasını oluşturduğu halde (13, 30), omnivor böceklerde

% 1 den daha azdır (37, 38). Fitofaj böcekler, linolenik asidi doğal beslenme materyalleri olan bitkilerden sağlarlar. Oysa aynı yağ asidi stok kültür ortamında % 3.6 gibi düşük oranda bulunduğu için, deney süresince bu besinle yetiştirilip erginleştirilen ve omnivor bir beslenme şekline sahip olan *M. desertus*'un fosfolipid fraksiyonunda % 0.4 civarında linolenik asit saptayabildik.

Eikosatrienoik (20: 3n-6), arakidonik (20: 4n-6) ve eikosapentaenoik asit (20: 5n-3) gibi biyolojik bakımından oldukça önemli olan 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitleri, sucul böceklerde daha fazla miktarda bulunurlar (31). Karasal böceklerde oldukça az olan (% 1'den az) bu yağ asitleri, ancak hassas kromatografik yöntemlerle tespit edilebilirler. Yapılan kimi çalışmalarda, anılan yağ asitlerinin değişik fizyolojik amaçlarla özelleşmiş dokuların fosfolipid alt sınıflarında fazla miktarlarda biriktikleri saptandı. Örneğin, Zinkler (39), *Deilephila elpenor* un retinasındaki fosfatidiletanolamin fraksiyonunda % 40 gibi oldukça yüksek oranda 20: 5n-3; Stanley Samuelson ve Loher (40), *T. commodus*'un spermatoforundaki fosfatidilkolin fraksiyonunda % 24 oranında 20:4n-6 tespit ettiler. FID detektörünün kullanıldığı analizlerde 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerini özellikle arakidonik asidi saptamak çok güç olduğu için (35), karaçekirgenin her iki bireyinin fosfolipidlerinde sadece eikosapentaenoik asiti tespit edebildik. Stok kültür ortamında mevcut olmayan bu 20 karbonlu aşırı doymamış yağ asitinin *M. desertus* ta saptanması, bu yağ asidinin böcek tarafından linolenik asitten (18: 3n-3) sentezlendiğini göstermektedir. Ayrıca eikosapentaenoik asit (20: 5n-3), prostaglandinlerin öncül maddesi olduğu için, Karaçekirgede 3-serisi prostaglandinlerin hakim olduğu söylenebilir.

Kaynaklar

1. Corey, E. Ö. Albright, J. O., Borton, A. E. and Hoshimoto, S., Chemical and enzymic syntheses of 5-HPTETE, a key biological precursor of slow-reacting substance of anaphylaxis (SRS) and 5-HETE J. Am. Soc., 102: 1435-1436, 1981.
2. Stanley-Samuelson, D. W., Assessing the significance of prostaglandins and other eicosanoids in insect physiology, J. Insect Physiol., 40: 3-11, 1994.
3. Stanley-Samuelson, D. W., Physiological roles of prostaglandins and other eicosanoids in invertebrates, Biol. Bull., 173: 92-109, 1987.
4. Stanley-Samuelson, D.W., Comparative eicosanoid physiology in invertebrate animals, J. Am. Physiol., 260: 849-853, 1991.
5. Stanley-Samuelson, D. W., The physiological significance of prostaglandins and related eicosanoids in insects. In Insect Lipids: Chemistry, Biochemistry and Biology (Edited by Stanley-Samuelson, D.W., and Nelson, D.R.), pp.45-97, University of Nebraska Press, Lincoln, NE., 1993.
6. Stanley-Samuelson, D. W., Prostaglandins and related eicosanoids in insects, adv. Insect Physiol., 24: 115-212, 1994.
7. Kerkhove, E. V., Pirotte, P., Petzel, D. H., Stanley-Samuelson, D. W. Eicosanoid biosynthesis inhibitors modulate basal fluid secretion rates in the malpighian tubules of the Ant, Formica polyctema, J. Insect Physiol. 41: 435-441, 1994.

8. Miller, J. S., Howard, R. W., Nguyen, A., Rosario, R.M.T., Stanley-Samuelson, D.W., Eicosanoids mediate nodulation responses to bacterial infections is mediated by eicosanoids, *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.*, 88: 1064-1068, 1991.
9. Stanley-Samuelson, D. W., and Loher, W., Prostaglandins in insect reproduction, *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 79:841-853, 1986.
10. Stanley-Samuelson, D. W., Jenson, E., Nickerson, K. W. Tiebel, K., Ogg, C. L. and Howard, R. W., Insect immune response to bacterial infection is mediated by eicosanoids, *Proc. natn. Acad. Sci. U.S.A.* 88: 1064-1068, 1991.
11. Stanley-Samuelson, D.W., Howard, R. W and toolson, E. C., Phospholipid fatty acid composition and arachidonic acid uptake and metabolism by the cicada *Tibicen dealbatus* (Homoptera: Cicadidae), *Comp. Biochem. Physiol.*, 77B: 285-289 1990.
12. Stanley-Samuelson, D. W., Comparative physiology of eicosanoids in invertebrate animals, *Am. J. Physiol.*, 260: 849-853, 1991.
13. Fast, P. G., *Insect Lipids: Prog. Chem. Fats Lipids*, 11: 181-242, 1970.
14. Stanley-Samuelson, D. W., Dadd, R. H., Long-chain polyunsaturated fatty acids: Patterns of occurrence in insects, *Insect Biochem.*, 13:549-558, 1983.
15. Stanley-Samuelson, D. W., Fatty acid composition of whole bodies, specific tissues and cell lines of two lepidopteran insects, *Comp. Biochem. Physiol.*, 85B: 369-373, 1986.
16. Spike, B. P., Wright, R. J., Danielson, S. D. and Stanley-Samuelson, D. W., The fatty acid compositions of phospholipids and triacylglycerols from two chinch bug species *Blissus leucopterus leucopterus* and *B. townensis* (Insecta: Hemiptera: lygaidae) are similar to the characteristic Dipteran pattern, *Comp. Biochem. Physiol.* 99B: 799-802, 1991.
17. Uscian, J. M., miller, J. S., Howard, R. W. and Stanley-Samuelson, D. W., Arachidonic and eicosapentaenoic acids in tissue lipids of two species of predacious insects. *Cicindela circumpicta* and *Asilis* sp., *Comp. Biochem. Physiol* 103B: 833-838, 1992.
18. Stanley-Samuelson, D. W., O'dell, T., Ogg, G. L., and Keena, M. A., Polyunsaturated fatty acid metabolism inferred from fatty acid compositions of the diets and tissues of the Gypsy moth *Lymantria dispar*, *Comp. Biochem. Physiol.*, 102A: 173-178, 1992.
19. Ogg, C. L. and Stanley-Samuelson, D. W., Phospholipil and triacylglycerol fatty acid compositions of the major life stages and selected tissues of the tobacco hornworm *Manduca sexta*, *Comp. Biochem. Physiol.*, 101B: 345-351, 1992.
20. Howard, R. W., Witters, N. A., and Stanley-Samuelson, D. W., Phospholipid fatty acid composition and distribution patterns of prostaglandins in malpighian tubules of the yellow mealworm (Coleoptera:Tenebrionidae), *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 85: 489-498, 1992.
21. Ogg, C. L. Meinkle, L. J. Howard, R. W. and Stanley-Samuelson, D. W., Phospholipid and triacylglycerol fatty acid compositions of five species of *Diabrotica* (Insecta: Coleoptera:Chrysomelidae), *Comp. Biochem. Physiol.*, 105B: 69-77, 1993.

22. Başhan, M. and Çelik, S., Linoleic acid biosynthesis in the Black Cricket *Melanogryllus desertus* Pall., Tr. J. of Biology, 19: 391-397, 1995.
23. Başhan, M., Effects of various diets on the total lipid compositions of the Black Cricket *Melanogryllus desertus* Pall., Tr. J. of Zoology, 20: 375-379, 1996.
24. Dadd, R. H., Nutrition: Organisms. In Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology (Ed. By Kerkut, G. A. and Gilbert, L. I), 8: 313-390, Pergamon Press, 1985.
25. Başhan, M. ve Emre, I., *Melanogryllus desertus* Pall.'un büyüme, hayatta kalma ve ergin evreye ulaşma süresine meridik bir besinin ve farklı proteinlerin etkileri, Doğa Türk Zool. Der. 12: 210-215, 1988.
26. Getzin, L. W., Mass rearing of virus-free cabbage loopers on an artificial diet, J. Insect Pathol., 4: 486-487, 1962.
27. Snedecor, G. W., Cochran, W. G., Statistical methods. 6th Ed. Ames, Iowa: USA: Iowa State university Press, 1967.
28. Stanley-Samuelson, D. W., and Blomquist, G. J., Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids by the Australian field cricket, *Teleogryllus commodus*, Insect Biochem. 2: 387-393, 1986.
29. Cripps, C. and renobales, M., Developmental changes in fatty acid biosynthesis and composition in the house cricket, *Acheta domesticus*, Arch. Insect Biochem. Physiol., 9:357-366, 1988.
30. Thompson, S. N., A review and comparative characterization of the fatty acid compositions of seven insect orders, Comp. Biochem. Physiol., 45: 467-482, 1973.
31. Stanley-Samuelson, D. W., Jurenka, R. A., Cripps, C., Blomquist, G. J. and de Renobales, M., Fatty acids in insect:composition, metabolism, and biological significance, Arch. Insect Biochem. Physiol., 9: 1-33, 1988.
32. Stanley-Samuelson, D. W., 9-eicosanoic acid: a predominantly male triacylglycerol fatty acid in the waxmoth, *Galleria mellonella*, Comp. Biochem. Physiol., 77B: 443-445, 1984.
33. Stanley-Samuelson, D. W., and Pipa, R. L., Phospholipid fatty acids from exocrine and reproductive tissues of male American cockroach, *Periplaneta americana* (L.) arch. Insect Biochem. Physiol., 1: 161-166, 1984.
34. Stanley-Samuelson, D. W., Howard, R. W. and Akre, R. D., Nutritional interactions revealed by tissue fatty acid profiles of an obligate myrmecophilous predator, *Microdon albicomatus*, and its prey, *Mymica incompleta* (Diptera: Syrphidae) (Hymenoptera:Formicidae), Ann. Entomol. Soc. Am., 83:1108-1115, 1990.
35. Howard, R. W., and Stanley-Samuelson, D. W., Phospholipid fatty acid composition and arachidonic acid metabolism in selected tissues of adult *Tenebrio molitor* (Coleoptera:Tenebrionidae), Ann. Entomol. Soc. Am., 83: 975-981, 1990.
36. Uscian, J. M., and Stanley-Samuelson, D. W., Fatty acid compositions of phospholipids and triacylglycerols from selected terrestrial arthropods, Comp. Biochem. Physiol., 107B: 371-379, 1994.
37. Baldus, T. J. and mutchmor, J. A., The effects of temperature acclimation on the fatty acid composition of the nerve cord and fat body of the American cockroach, *Periplaneta americana*, Comp. Biochem. Physiol., 89A:141-147, 1988.
38. Grapes, M., Whiting, P., and Dinan, L., Fatty acid and lipid analysis of the house cricket, *Acheta domesticus*, Insect Biochem., 19: 767-774, 1989.
39. Zinkler, D., Zum lipidmuster der photorezeptoren von insecten, Verh. dt Zool. Ges 28: 28-32, 1975.
40. Stanley-Samuelson, D. W., and Loher, W. Arachidonic and other long-chain polyunsaturated fatty acids in spermatophores and spermathecae of *Teleogryllus commodus*:Significance in prostaglandin-mediated reproductive behavior, J. Insect Physiol., 29: 41-45, 1983.