

Untersuchungen über den larvalen und imaginalen Fettkörper der Imago von *Musca domestica* L.

Autor(en): **Wiesmann, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society**

Band (Jahr): **35 (1962-1963)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-401431>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Untersuchungen über den larvalen und imaginalen Fettkörper der Imago von *Musca domestica* L.

von

R. WIESMANN

(Wissenschaftliche Laboratorien der J. R. Geigy A. G., Basel)

Herrn Prof. Dr. R. Geigy zum 60. Geburtstag gewidmet

Einleitung und Problemstellung

Über die Morphologie, Histologie und Entwicklung des Fettkörpers bei Insekten existiert eine ziemlich umfangreiche Literatur, die sehr gute Zusammenfassungen bei PÉREZ (17), KREUSCHER (11) und SCHMIEDER (21) gefunden hat, auf die hier verwiesen sei.

Es ist seit WEISMANN (26) 1865 bekannt, dass bei den Musciden das Abdomen der frisch-geschlüpften Imagines prall mit kugeligen, kleinen Fettkörperzellen erfüllt ist, die larvalen Ursprungs sind, und die im Verlaufe von einigen Tagen verschwinden. Dieser larvale Fettkörper wird dann bei der Imago durch den neugebildeten imaginalen Fettkörper ersetzt. Dieser larvale Fettkörper wurde von BERLESE (3), PÉREZ (17), HENNEGUY (9) und EVANS (5) bei *Calliphora* und *Lucilia* mehr oder weniger eingehend studiert und sein Vorhandensein bei *Musca* ist erstmals von MER (13) und CWILICH UND MER (4) 1954 im Zusammenhang mit der Altersbestimmung der Imagines beschrieben worden.

Wenn man frischgeschlüpfte Imagines von *Musca domestica* in Wasser seziert, dann quillt aus dem Haemozoel des Abdomens eine grosse und auffallende Menge von weissen, kugeligen Fettkörperzellen heraus, die sich im Wasser verteilen, also kein zusammenhängendes Gewebe darstellen. Im Verlaufe von einigen Tagen beginnen diese freien Fettkörperzellen zu verschwinden, wie dies auch bereits MER (13) beobachtete und beschrieb. Dieser larvale Fettkörper, der auch bei anderen Insekten, Coleopteren (BERLESE (3) 1901, ZAKOLSKA (29), POYARKOFF (18), KREUSCHER (11)), Hymenopteren (SCHMIEDER (21)), Lepidopteren (HUFNAGEL (10)) etc. in der Imago gefunden wurde, dient nach den Ansichten der meisten Autoren zur Bildung von

Geschlechtsprodukten. Ein strickter Beweis für diese Annahme wurde, soweit ich aus der Literatur ersehen kann, bis anhin nicht erbracht. Ebenso sind wenig Angaben über die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe dieses Fettkörpers vorhanden. Bei *Musca* fehlen sie ganz. Im Zusammenhang mit der Ovarialentwicklung der Stubenfliege wurde dieser auffallende, transitorische larvale Fettkörper in seiner Entstehung und physiologischen Bedeutung bei der Stubenfliege näher untersucht.

Herkommen und Histologie des freien, larvalen- und des imaginalen Fettkörpers bei der Stubenfliege

Beweise dafür, dass die freien Fettkörperzellen in der jungen Imago aus der Larve stammen, also larvalen Fettkörper darstellen müssen, können neben dem Studium von entsprechenden Schnittserien auch durch die Fütterung der Fliegenlarven mit bestimmten Farben erbracht werden, die den Larvenfettkörper vital anfärben. Zu diesem Zweck wurde das Larvenfutter mit Trypaflavin versehen. Nach kurzer Zeit zeigten die Larven einen sehr stark gelb angefärbten Fettkörper, und in den daraus sich entwickelnden frischgeschlüpften Fliegen waren alle freien Fettkörperzellen ebenfalls stark gelb tingiert. Dies war ein deutlicher Beweis dafür, dass der freie Fettkörper in der Imago larvalen Fettkörper darstellt, der der Autolyse in der Puppe widerstand und in die Imago übernommen wurde. Im Verlaufe der Zeit geben dann die nur mit Zucker und Wasser gefütterten Fliegen gelbfarbene Excremente ab, die vom Abbau des angefärbten freien Fettkörpers herrühren müssen.

Durch das eingehende Studium von zahlreichen Schnittserien durch Altlarven, Puppen verschiedenen Alters und Imagines * konnte die Entwicklung des freien, larvalen Fettkörpers in der Imago lückenlos studiert werden. Fixiert wurde mit Bouin, und die Färbung erfolgte mit Haematoxylin resp. Haemalaun + Orange G. oder Eosin, sowie durch verschiedene andere Spezialfärbungen, auf die später eingegangen wird.

Der Fettkörper der alten Larve

Der stark entwickelte Fettkörper der ausgewachsenen Larve besteht wie bei anderen Dipteren (PÉREZ (17), SNODGRASS (22), WEISMANN (26) u. a.) aus einem einschichtigen, lappenförmigen Zellepithel, das besonders in der hinteren Hälfte des Larvenkörpers den Darmkanal umschliesst, und das den Larven elfenbeinweisse Farbe verleiht. Freie Fettkörperzellen, wie man sie bei der jungen Imago findet, fehlen.

* Auch an dieser Stelle möchte ich meiner Laborantin, Fr. G. Portner für die sorgfältige Herstellung der Schnittpräparate, sowie Fr. A. Althaus für die technische Durchführung der Chromatogramme etc. meinen besten Dank aussprechen.

Die Fettkörperzellen, (Abb. 1) von einer ziemlich kräftigen Zellmembran umhüllt, weisen einen grossen, von Chromatinbändern durchzogenen Zellkern auf, von dem aus ein fädiges, sich mit Haemalaun deutlich blau färbendes Plasmagerüst ausstrahlt, in das stark basophile Körnchen eingelagert sind. Dieses Plasmagerüst umschliesst lipoidhaltige Vacuolen, (mit Sudan III sehr leicht nachweisbar) und es enthält auch wie bei vielen anderen Insektenlarven die Hauptsache des in grossen Mengen eingelagerten Glycogens (vergl. SNODGRASS (23)), dessen Nachweis mit Best's Carmin sehr gut gelingt. Weitere Einlagerungen konnten auch histochemisch nicht nachgewiesen werden, namentlich keine groben Proteineinschlüsse, wie wir sie später in den Fettkörperzellen der Puppe und der Imago finden können.

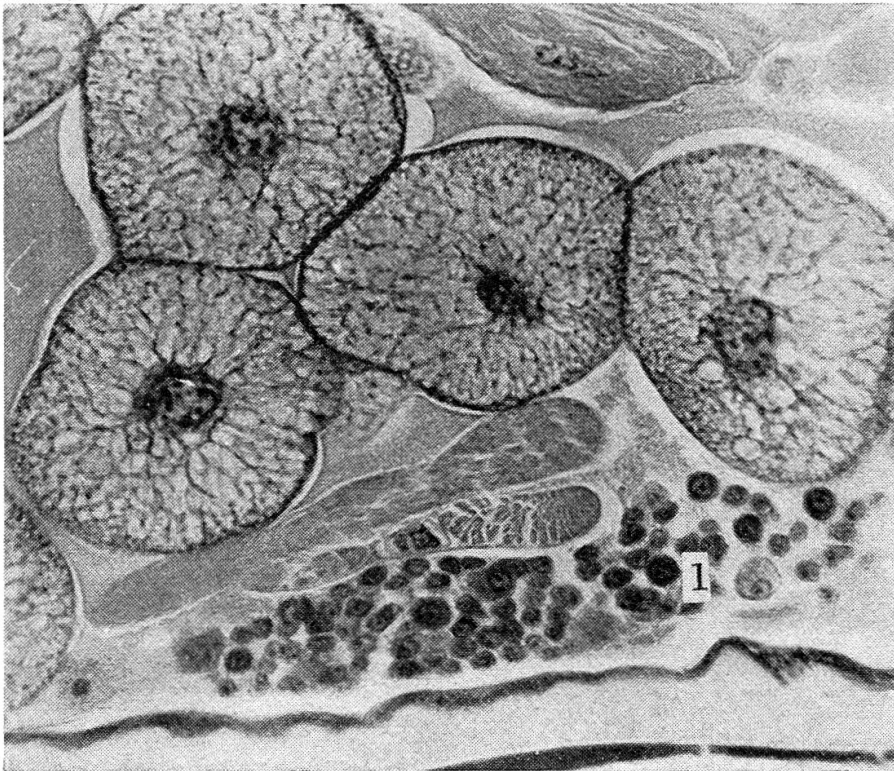


Abb. 1. — Fettkörperzellen der ausgewachsenen *Musca*-Larve. Ventral darunter, gegen die Epidermis: Anhäufung von imaginalen Fettkörperzellenanlagen (1) untermischt mit Önozyten. Vergr. 510fach.

Der *imaginale Fettkörper* liegt in der ausgewachsenen Larve als ein embryonales Zellkonglomerat am hinteren Leibesende, in der Nähe der Kutikula (Abb. 1). Es handelt sich um eine Anhäufung von sehr vielen chromatinreichen kleinkernigen Zellen mit sehr dichtem Plasmaleib. Sie besitzen eine Grösse von durchschnittlich 4–5 μ (vergl. PÉREZ (17)). Diese imaginalen Fettkörperzellen sind öfters einzeln,

oder dann in Reihen zu 3-4 Zellen angeordnet. Eingestreut in diese Zellhaufen findet man typische Oenozysten. Diese Anlagen beginnen, wie wir noch sehen werden, erst am Ende der Puppenruhe als späterer imaginaler Fettkörper in Erscheinung zu treten.

Verhalten des larvalen - und imaginalen Fettkörpers in der Puppe.

Bei der in der Puppe erfolgenden Autolyse der larvalen Gewebe erfährt der Fettkörper der Larve eine eigenartige Umwandlung. In erster Linie zerfällt der Zellverband bereits in der Vorpuppe beginnend, in freie Zellen, die sich im ganzen Körper zu verteilen beginnen, sodass sich später bei der Puppe und auch der Imago freie Fettzellen im Kopf, im Thorax, in den Extremitäten und besonders stark angehäuft, im Abdomen vorfinden. Im Kopf und Thorax flottieren die freien Fettzellen voneinander getrennt, in der Blutflüssigkeit, im Abdomen dagegen sind sie wegen ihrer grossen Zahl dicht aneinander gepresst. Ein gleiches Verhalten beobachteten auch PÉREZ, bei *Calliphora* und SNODGRASS bei *Rhagoletis*.

Eine eigentliche Autolyse des larvalen Fettkörpers findet im Gegensatz zu den anderen Geweben der Larve nicht statt. Sein Abbau beginnt, wie wir sehen werden, erst in der späteren Puppenentwicklung und dann besonders in den ersten Tagen des Imaginallebens. In der Puppe erhält der larvale Fettkörper eine ausgesprochene Speicherfunktion.

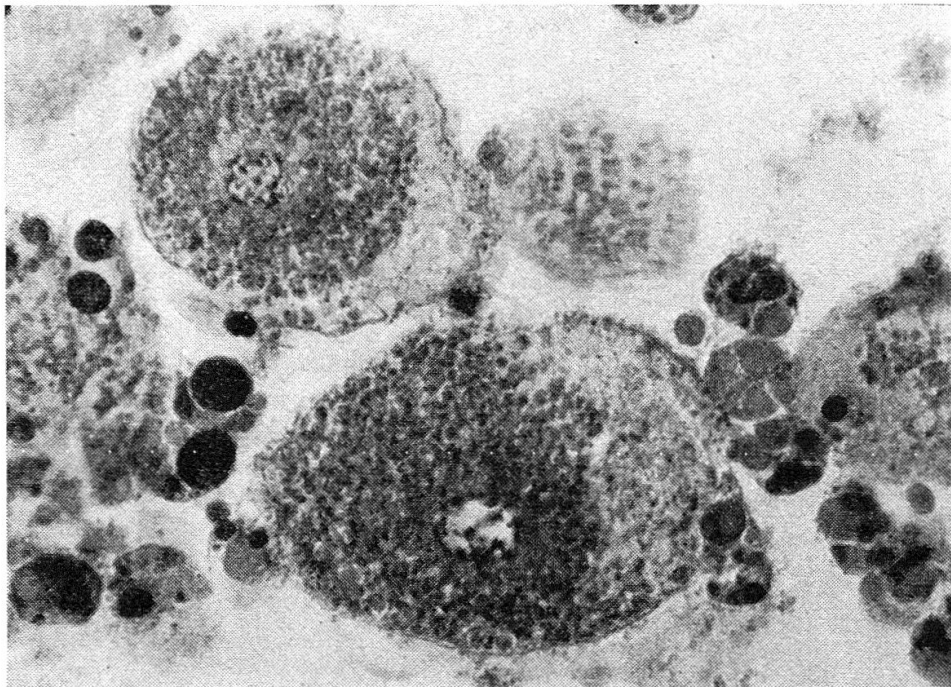


Abb. 2. — Larvale Fettkörperzellen im Abdomen einer eintägigen Puppe, die phagozytär larvale Gewebereste (Körnchenkügelchen) aufnehmen. Vergr. 510fach.

Die noch in der Larve kräftigen Zellmembrane der Fettkörperzellen werden bereits in den ersten Tagen der Puppenentwicklung sehr fein und hinfällig, ohne aber aufgelöst zu werden. Es ist dies eine Vorbereitung für die osmotischen und phagozytären Vorgänge, die sich beim Fettkörper in der Folgezeit abspielen.

Die Fettzellen beginnen nun aus der Hämolymphe wahrscheinlich osmotisch aufgenommen, peptonisierte Substanzen des Larvenkörpers zu Granulae zu kondensieren (vergl. PÉREZ (17)), und gleichzeitig füllen sie sich aber auch aktiv mit den autolysierten Resten des larvalen Gewebes. Dies geschieht durch eine typische Phagozytose, indem diese freien Fettkörperzellen die larvalen Geweberesten, die sog. Körnchenkügelchen (WEISMANN (26)), umfassen und verschlucken, die oft noch eine Zeitlang *tel quel* in den Fettzellen wahrgenommen werden können, bis sie dann umgebaut werden (Abb. 2). Phagozytische Aufnahme von autolysiertem Gewebe der Larve durch den larvalen Fettkörper stellten auch andere Autoren fest, wie VANEY (24) 1902 bei *Dipteren*, MURRAY und TIEGS (16) bei *Calandra* und POYARKOFF (18) bei *Galeruca* und HUFNAGEL (10) bei *Hyponomeuta*.

Die bei dieser Phagozytose aufgenommenen Körnchenkügelchen stellen nach PÉREZ (17) durch Phagozyten verschluckte Reste des larvalen Körpers dar, deren Zellkern längere Zeit noch festgestellt werden kann. Diese Geweberesten bestehen aus grösseren und kleineren Proteinkügelchen, die sich z.T. basophil und z.T. azidophil färben. — Dass es sich bei diesen Einschlüssen um Proteine und Proteinabkömmlinge handelt, zeigten die positiven Biuret und Xanthoproteinreaktionen. Die gleichen Reaktionen haben auch SNODGRASS (22) und EVANS (5) bei *Rhagoletis* resp. *Lucilia* erhalten.

Während der Fettkörper der alten Larve hauptsächlich Lipoide und Glycogen enthält, in den normalen Schnittpräparaten praktisch leer erscheint (vergl. Abb. 1), wird in der Vorpuppe der Gehalt an diesen Stoffen deutlich reduziert, sozusagen um Platz zu schaffen für die Einlagerung der grossen Mengen von Protein, eine Erscheinung, auf die auch PÉREZ, SCHMIEDER (21) u. a. hingewiesen haben.

Die freien Fettzellen sind nun in der Puppe mit kleineren und grösseren baso- und azidophilen Proteinkügelchen vollgestopft, die sicherlich zum grössten Teil von der Zelle assimiliert wurden und werden. Die azidophilen, meist grösseren Proteinkügelchen (6-8 μ), weisen Glycogeneinlagerungen auf, die als ganz kleine Kügelchen wahrgenommen werden können. Die basophilen Kügelchen haben eine Grösse von 2-3 μ . Dazu kommen in grosser Zahl stark mit Kernfarben sich tingierende Körnchen, die sog. Pseudonuclei von BERLESE (3), die wie Staub in die Zelle eingestreut sind (Abb. 3). Da diese Körnchen die Kern-Feulgenreaktion nach GURR zeigen, darf angenommen werden, dass es sich um Chromatinsubstanz handelt, die von den Kerntrümmern herrührt, welche mit dem autolytisch zerfallenen Larvengewebe, phagozytisch in die freien Fettzellen aufgenommen

werden. PÉREZ (17) glaubt, dass es sich bei diesen Pseudonuclei um eingelagerte Urathe handle. Während aber Urathe nur eine schwach blaue Färbung mit Hämalaun ergeben, sind die bei *Musca* vorhandenen Körnchen tief blau wie Chromatinstücke gefärbt. Auch ihre Feulgenreaktion spricht in unserem Falle für Chromatintrümmer.

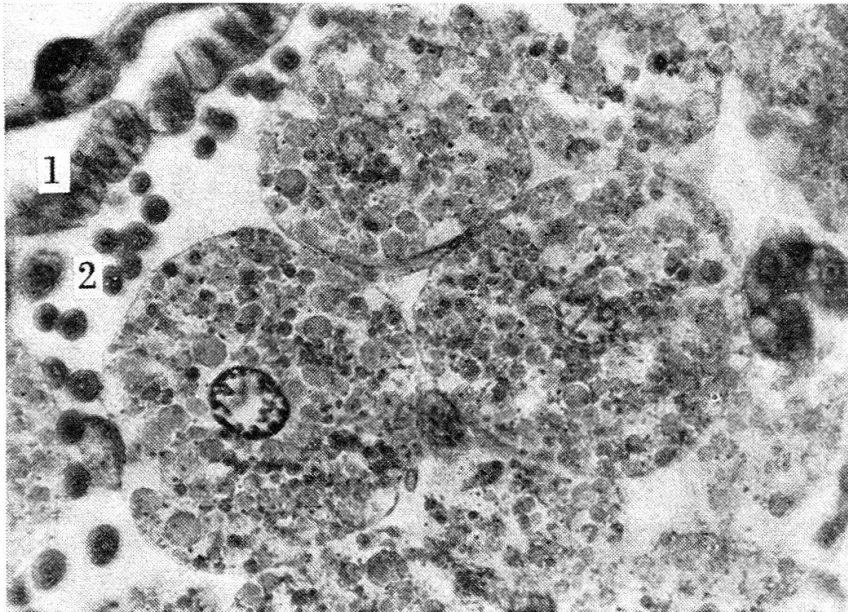


Abb. 3. — Larvale Fettkörperzellen im Abdomen einer viertägigen Puppe. Man erkennt deutlich die grösseren azidophilen und kleineren basophilen Proteinkügelchen, sowie die feinen Pseudonuclei. 1. : imaginaler Fettkörper. 2. : Blutzellen, Vergr. 510fach.

In der ersten Phase der Puppenentwicklung sind diese blauen Körnchen besonders zahlreich vorhanden, und sie lassen die freien Fettzellen oft ganz blau erscheinen. Besonders angehäuft sind sie im Plasmahof rund um den Kern. Gegen das Ende der Puppenentwicklung geht ihre Zahl zurück, doch sind sie auch noch im freien Fettkörper der Imago zu finden.

In der ersten Hälfte der Metamorphose halten sich die baso- und azidophilen Zelleinschlüsse die Waage. Gegen Ende der Metamorphose gehen die ersten mehr zurück und scheinen sogar z.T. azidophil zu werden. Sie verblassen, sodass dann hauptsächlich nur noch azidophiles Protein vorhanden ist, bei gleichzeitiger schwacher Zunahme des Gehaltes an Glycogen und Lipoiden. Die Proteinkügelchen zeigen nun teilweise auch Braunfärbung mit Osmiumsäure, ein Zeichen dafür, dass freies Lipoid in die Proteinelemente eingelagert wird, möglicherweise Phospholipide entstehen (PÉREZ (17), vergl. auch Seite 200).

Die Aufnahme von neuen Substanzen in die larvalen Zellen und ihre Transformation in Zellbestandteile, lässt vermuten, dass die freien larvalen Fettzellen nicht nur ein Reservoir für Reservenahrung

während der Metamorphose darstellt, sondern dass sie aktiv diese Reserven in die Proteinkügelchen und Körnchen verarbeiteten, in eine besser lösliche Form überführen, besser transportabel und rascher assimilierbar machen, also in eine Form umwandeln, die rasch für das Wachstum der Gewebe während und nach der Metamorphose mobilisiert werden können. So erhält der larvale Fettkörper in der Puppe auch eine gewisse auf- und umbauende Funktion, die sein Überleben in der allgemeinen Autolyse besser verstehen lassen. Für diese Funktion enthält er, wie schon BERLESE (3) vermutet hat, und wie wir noch zeigen können, Fermentsysteme, die den Abbau und wahrscheinlich auch den Umbau der eingelagerten Substanz bewerkstelligen können. Der *imaginale Fettkörper*, der wie ausgeführt, bereits in der Larve als Anhäufung von embryonalen Zellen im hinteren Körperabschnitte der Larve gelegen ist (vergl. Abb. 1), wird bei der Verpuppung, gleich wie der larvale Fettkörper verteilt, gelangt in den Kopf, Thorax und z.T. auch in die Extremitäten. In der Hauptsache bleibt er aber im analen Teil des Abdomens zurück, wo er zuerst als einzelne Zellen oder Zellgrüppchen zwischen den larvalen freien Fettzellen als kleine, stark sich mit Hämalaun blau färbende Gebilde wahrgenommen werden kann. Sie liegen hauptsächlich in der Nähe der Epidermis. Vom 4.-5. Entwicklungstage der Puppe ist im imaginalen Fettkörper eine sehr rege Zellteilung zu finden. Es entstehen dann Platten und Stränge von Fettzellen, die sich zwischen die larvalen freien Fettkörperzellen schlängelförmig eindrängen. Stark entwickelt sich der imaginale

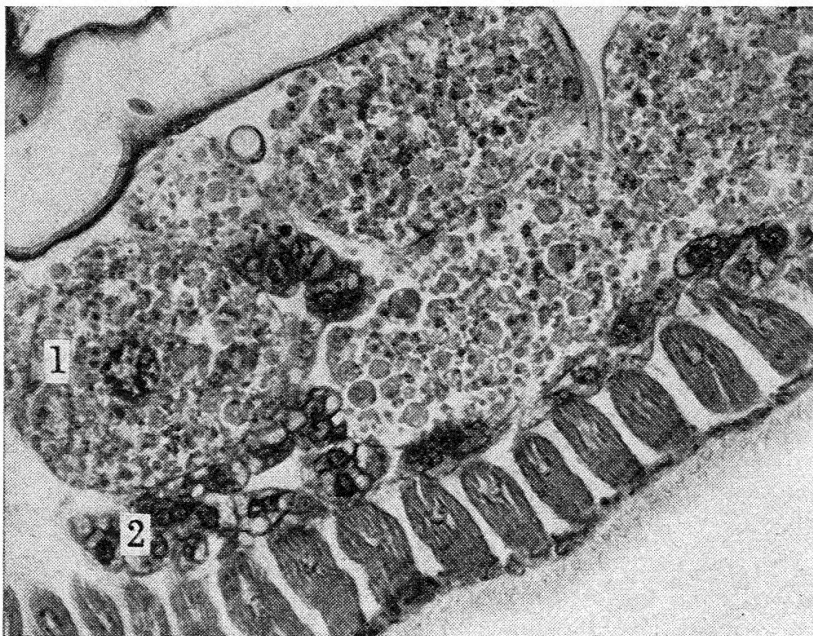


Abb. 4. — Larvaler (1) und imaginaler Fettkörper (2) im Abdomen einer sechstägigen Puppe. Der imaginale Fettkörper beginnt bereits kleine, lipoidhaltige Vacuolen aufzuweisen. Vergr. 510fach.

Fettkörper vor allem im hinteren Drittel des Abdomens. Nach dieser Zeit hört dann die Zellteilung auf, und die Fettkörperzellen vergrössern nur noch ihr Volumen, wie dies auch bei anderen Insekten (MURRAY und TIEGS (16) etc.) der Fall ist.

Kurz vor dem Schlüpfen der Imago kann man auch eine beginnende Funktion der imaginalen Fettkörperzellen feststellen, (Abb. 4) indem in ihnen, mit der Zeit immer grösser werdende Lipoideinschlüsse sich vorfinden. Auch Glycogeneinlagerungen sind feststellbar. Die Funktion des imaginalen Fettkörpers tritt im Kopf und im Thorax deutlich früher ein als im Abdomen.

Der Abbau des larvalen, freien Fettkörpers

In der Mitte und namentlich gegen das Ende der Puppenruhe beginnt der erste Abbau des freien, larvalen Fettkörpers. Besonders stark findet er dann bei den im Kopf, Thorax und in die Extremitäten versprengten freien larvalen Fettkörperzellen statt, während im Abdomen erst am Ende der Metamorphose und beim Schlüpfen der Imago erste Abbauerscheinungen zu finden sind. Die Hauptmenge des larvalen Fettkörpers geht also praktisch unverändert in die Imago über. Der Abbau des larvalen Fettkörpers erfolgt bei *Musca* auf verschiedene Weise und weitgehend gleich, wie dies PÉREZ (17) bei *Calliphora* eingehend untersucht und beschrieben hat.

Hauptsächlich im Kopf und Thorax, wo der Abbau sehr bald in der Puppenruhe einsetzt, gewahrt man öfters Phagozyten, die in grosser Zahl in den Fettkörper eindringen, sich mit den Inhaltsstoffen derselben beladen, und die dann die Fettzellen von innen heraus zum Zerfall bringen. Die Kerne der Fettzellen scheinen erst im letzten Stadium des Zerfalles zu degenerieren.

In der Hauptsache geschieht der Abbau aber auf andere Weise. An die freien Fettkörperzellen lagern sich nach und nach immer mehr Leucozyten an, die wie PÉREZ (17) bereits feststellte, direkt zu einer Art Epithel anwachsen können (Abb. 5 u. 7). Die Fettzelle selbst scheint ihren Inhalt nach und nach zu resorbieren und durch Osmose an die Haemolymphe abzugeben. Die Einschlüsse werden an Zahl geringer und die Zellen ziehen sich dementsprechend zusammen, wobei die auch vorher dünne Zellmembran sich wieder verdickt. Der Zellkern erscheint normal und anscheinend voll funktionsfähig. Etwas später beginnen nun die Leucozyten, die auf der Membran der Fettkörperzelle zu kleben scheinen, die Zellen aufzulösen und sich des restlichen Inhalts zu bemächtigen, was auch EVANS (5) bei *Lucilia* feststellte. Man findet nun um die in Auflösung begriffene Fettzelle herum stark aufgetriebene Phagozyten, die neben Proteinkügelchen auch Lipoidkügelchen und Glycogen enthalten (s. Abb. 5, 1).

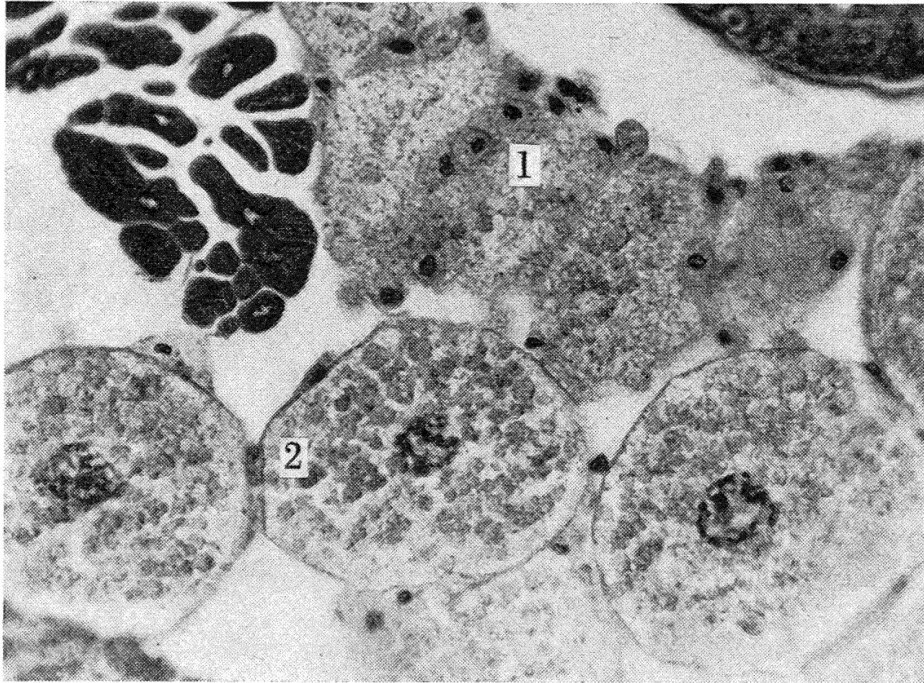


Abb. 5. — Abbau der freien, larvalen Fettkörperzellen durch Leucozyten im Thorax bei einer viertägigen Puppe. 1. Durch die Tätigkeit vieler Leucozyten zerfallende Fettzellen. 2. Fettzellen mit verdickter Membran und aufgelagerten Leucozyten. Vergr. 510fach.

SNODGRASS (22) fand bei *Rhagoletis* überhaupt keine Phagozytose beim freien larvalen Fettkörper, sondern nur ein Zerfall dieses Fettkörpers in die Haemolymphe. Zudem stellte er fest, dass der larvale Fettkörper schon am Ende der Puppenruhe verschwunden sei, sich hier also keine freien Fettzellen in der jungen Imago vorfinden. Diese Befunde sind eventuell dadurch zu erklären, dass *Rhagoletis* eine viel längere Puppenruhe aufweist als *Musca*, *Calliphora* und *Lucilia*.

Bei *Musca* kann man nun noch eine weitere Art des Abbaues des freien larvalen Fettkörpers finden, die bis anhin nicht beschrieben wurde. Besonders im Kopf und Thorax während der Metamorphose, später aber auch im Abdomen, greifen einzelne bis mehrere junge imaginale Fettkörperzellen den larvalen Fettkörper phagozytär an (Abb. 6). Bei diesem Vorgang wird an der Berührungsstelle der beiden Fettkörpertypen die Zellwand des imaginalen Fettkörpers aufgelöst, die dünne Zellwand des larvalen Fettkörpers verschwindet an dieser Stelle und nun scheint der flüssige Inhalt des larvalen Fettkörpers zusammen mit einem Teil der Pseudonuclei in die offenen imaginalen Fettkörperzellen hinüber zu diffundieren. Wahrscheinlich werden hauptsächlich Lipide aufgenommen, während die kugeligen Proteineinschlüsse im larvalen Fettkörper verbleiben. Diese werden dann von den der larvalen Fettzelle anhaftenden Leucozyten verschluckt.

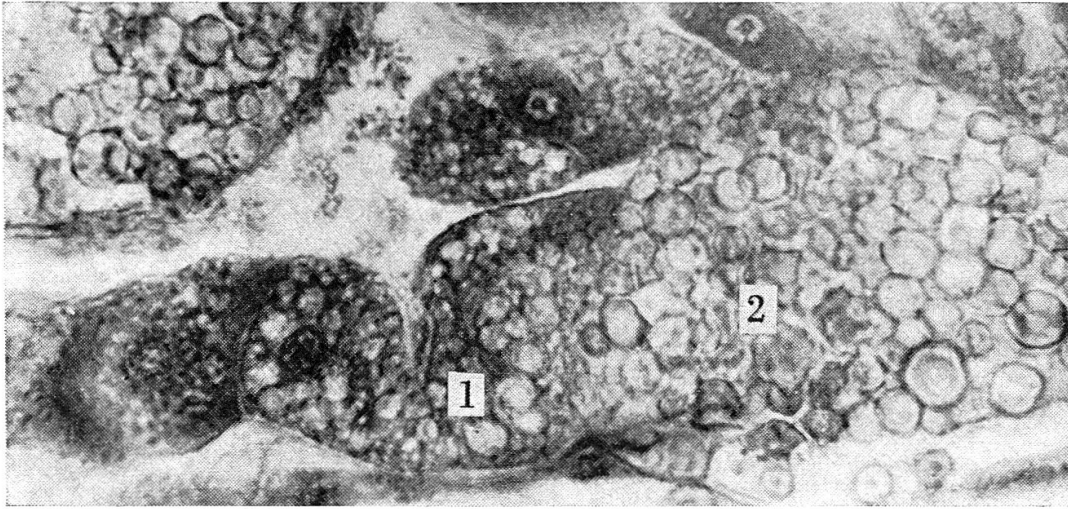


Abb. 6. — Der junge imaginale Fettkörper (1) phagozytiert eine freie larvale Fettkörperzelle (2) im Thorax einer 5tägigen Puppe. Vergr. Immersion 900fach.

Wir können demnach bei *Musca* drei Arten von Abbau des larvalen Fettkörpers feststellen :

1. Eindringen von Leucozyten in die larvalen Fettzellen, die den Zerfall derselben bedingen,
2. Eigenresorption des Inhaltes und osmotische Stoffabgabe nach aussen mit späterem Zerfall und hierauf folgende Phagozytose durch Leucozyten,
3. Phagozytose durch den imaginalen Fettkörper, mit darauffolgender Phagozytose durch Leucozyten.

Verhalten des larvalen und imaginalen Fettkörpers in der Imago

Die in den frischgeschlüpften Imagines in auffallend grossen Mengen im Abdomen befindlichen freien, larvalen Fettkörperzellen, runde, weisse Kügelchen, variieren in ihrer Grösse zwischen 34–162 μ . In der Hauptsache weisen sie einen Durchmesser von durchschnittlich 110–115 μ auf. Sie sind genau gleich gross wie die freien larvalen Fettzellen in der Puppe.

Die Zahl der freien Fettzellen im Abdomen variiert je nach Ernährungszustand der Larve und zudem nach den untersuchten Fliegenstämmen ganz beträchtlich. Sie liegt bei den frischgeschlüpften weiblichen Fliegen zwischen 300 und 800 und 250–500 bei den Männchen. Am meisten freien Fettkörper wiesen der hoch auf DDT-Substanz resistente Stamm CH6 und der polyvalent auf chlorierte Kohlenwasserstoffe und Phosphorsäureester resistente Stamm P9 auf. Die beiden Normalstämme N 1 und CSMA liegen in dieser Beziehung deutlich darunter.

Im Abdomen sind die Fettkörperkügelchen bei den frischgeschlüpf-ten Fliegen immer noch so dicht gelagert, dass sie sich gegenseitig abplatteten. CWILICH und MER (4) geben bei *Musca domestica-vicina* etwas geringere Mengen von freien Fettkörperzellen an als wir gefunden haben. Sie sind auch etwas kleiner als bei unserem *Musca domestica* Material.

Die freien larvalen Fettzellen im Abdomen der frischgeschlüpf-ten Imago besitzen eine etwas verdickte Membran. Der Zellkern hat noch keine Veränderungen erfahren und auch der Inhalt der Zellen ist in der Hauptsache noch derselbe wie bei der reifen Puppe. Er besteht in der Hauptsache nur noch aus grossen runden azidophilen Proteinkügelchen. Basophile Proteineinschlüsse fehlen meist. In den erstern ist nun auch ziemlich viel Glycogen eingelagert. Auch Pseudonuclei sind noch in ziemlicher Menge im Plasmagerüst der Zellen vorhanden.

Der Inhalt der freien Fettkörperzellen ist bei den weiblichen Fliegen deutlich grösser und kompakter als bei den männlichen, was übrigens auch schon bei den älteren Puppen konstatiert werden kann. Bei den Männchen enthalten sie zudem deutlich mehr Lipide als bei den Weibchen.

Werden die freien Fettzellen in Wasser unter dem Deckglas gepresst, dann reisst die Zellmembran an einigen Orten auf, und das Lipoid tritt als zusammenfliessender Fetttropfen heraus. Die Proteinkügelchen hingegen widerstehen auch einem stärkeren Drucke, wobei sie abgeplattet werden, nach Aufhören des Druckes aber wieder ihre normale, kugelige Form annehmen. Sie haben also eine plastisch zähe Konsistenz.

Die Proteinkügelchen lassen sich sehr verschieden anfärben. Nach Bouin-Fixierung werden alle Proteinkügelchen mit der Azanfärbung stark rot, mit der Bakterienfärbung nach Gran tief blau gefärbt. Auch vital sind sie anfärbbar. Malachitgrün färbt sie gleichmässig stark grün, Methylviolett stark blau, Methylgrün tingiert die grossen Proteinkugeln blau, die kleineren blaugrün, Kongorot färbt alle stark rot. Interessant ist, dass nach Vitalfärbung mit Methylgrün, Lichtgrün und Kongorot in den grossen Proteinkugeln Strukturen erscheinen, die beim fixierten Material nur undeutlich gesehen werden können. Diese Proteinkugeln sind aufgeteilt in 4-7 Kügelchen, die in einem körnigen Grundgewebe liegen, das sich deutlich weniger stark färbt als diese Teilkügelchen.

Es scheint also, dass die Proteineinschlüsse aus verschiedenen Proteinen und Proteinderivaten bestehen, was auch ohne weiteres verständlich ist, da sie z.T. aus Zell- und Gewebetrümmern des Larvenkörpers bestehen, die im Puppenstadium durch Phagozytose in die freien Fettzellen aufgenommen und dort weiter verarbeitet wurden.

Der *imaginale Fettkörper* entwickelt sich bei der Imago im Verlaufe der Zeit je nach der den Fliegen verabreichten Nahrung deutlich verschieden.

Am ersten Lebenstag sind die Unterschiede noch ganz unwesentlich. Die einzelnen imaginalen Fettkörperzellen sind noch relativ klein. Sie besitzen die Grösse des Zellkerns des larvalen Fettkörpers und ihre Zellkerne sind nur unwesentlich grösser als die grossen Proteineinschlüsse der freien Fettzellen.

Bei den eintägigen Fliegen beginnen sich die Zellen stark zu strecken, füllen nach und nach sämtliche Zwischenräume im hinteren Abdomenteil aus und drängen auch die larvalen Fettzellen zusammen, sie auch kräftig phagozytierend. Am 2. Lebenstag haben sie ihr Volumen mindestens verdoppelt, und bis zum 4.-5. Tage haben sie sich bis zur normalen Grösse entfaltet, und sie nehmen nun auch ihre Normalfunktion auf.

Zwischen den einzelnen Fettzellen sieht man dann deutlich die meist zweikernigen, sehr plasmareichen « Oenozyten » nach PÉREZ (17) deren Funktion fraglich erscheint. Sie sind auch von EVANS (5) im jungen imaginalen Fettkörper von *Lucilia* festgestellt worden. Bei *Musca* fehlen sie im Fettkörper des Kopfes und des Thorax, wie dies auch PÉREZ (17) für *Calliphora* feststellte.

Während nun bei den Fliegen, die ausschliesslich Zucker erhalten, der imaginale Fettkörper relativ plasmaarm und in der Hauptsache mit Lipoiden und Glycogen erfüllt, und im fixierten Zustande voller Vacuolen ist, also sehr leer erscheint (Abb. 7), ist er bei den mit Milch gefütterten Fliegen sehr reich an Protoplasma, das auch von Vacuolen durchsetzt ist und ziemlich viel Protein eingelagert hat (Abb. 8). — Ein Grossteil dieser Einlagerungen rührt sicherlich von der Milchnahrung her, namentlich die eingelagerten Proteine. Zudem ist auch das Volumen des Gesamtfettkörpers im Abdomen bei den mit Milch gefütterten Fliegen fast doppelt so gross wie bei den Zuckerfliegen.

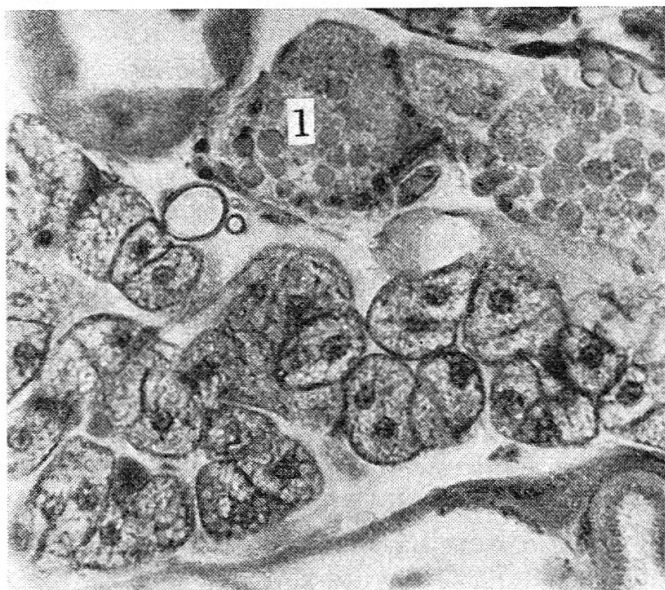


Abb. 7. — Imaginaler Fettkörper im vorderen Abdomenabschnitt einer viertägigen, nur mit Zucker und Wasser gefütterten Fliege (vergl. damit Abb. 8). 1: Von vielen Leucozyten umlagerte freie, larvale Fettkörperzelle. Vergr. 510fach.

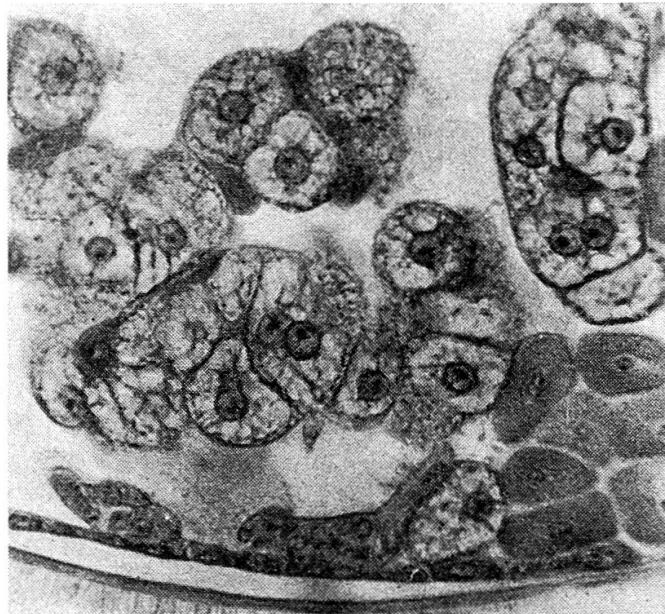


Abb. 8. — Imaginaler Fettkörper im vordern Abdomenabschnitt einer viertägigen, mit Milch gefütterter Fliege. Die Zellen sind deutlich grösser als diejenigen in Abb. 7. Vergr. 510fach.

Das Verschwinden resp. der phagozytäre Abbau des freien larvalen Fettkörpers in der Imago wurde durch sorgfältiges Ausschütteln des in Wasser eröffneten Abdomens von je 10 frischgeschlüpften bis 6 tägigen Fliegen und nachherigem Auszählen der ausgeschüttelten Fettkörperkügelchen festgestellt, und der Durchschnitt pro Fliege errechnet. Die Resultate dieser Untersuchungen, die an Zuckerfliegen des Stammes N 1 durchgeführt wurden, sind in Abb. 9 aufgezeichnet. Daraus geht hervor, dass vom 0. bis 1. Tage der Abbau des freien larvalen Fettkörpers langsam vonstatten geht, dann aber fast linear bis zum 3.-4. Tage erfolgt. Entsprechend dem hohen Gehalt an freien larvalen

Fettzellen, dauert der Abbau bei CH6 und P9 ungefähr einen Tag länger.

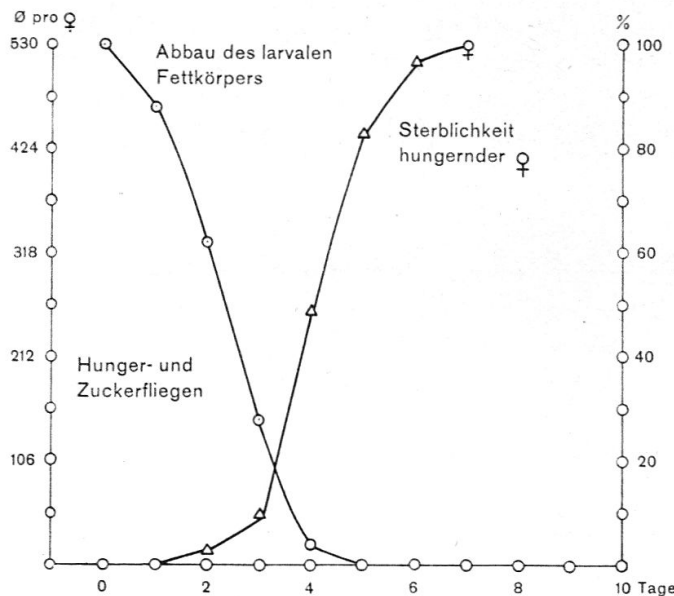


Abb. 9. — Abbau resp. Verschwinden des freien, larvalen Fettkörpers im Abdomen von nur mit Wasser resp. Zucker und Wasser gefütterter weiblicher Fliegen und Sterblichkeit hungernder, nur mit Wasser gefütterter Weibchen. Gegen Insektizide normal-sensibler Stamm N 1. Ordinate links zeigt die durchschnittliche Zahl der pro Weibchen jeweils gefundenen Larvenfettzellen.

Weiter findet man bei den mit Milch gefütterten Fliegen noch am 5. und 6. Lebenstage im Abdomen der weiblichen Fliegen freie Fettkörperzellen. Der Abbau erfolgt also langsamer als bei den Zuckerfliegen. Dieser Unterschied rührt wahrscheinlich davon her, dass die Zuckerfliegen viel mehr auf die Proteinreserve im larvalen Fettkörper angewiesen sind als die Milchfliegen, die durch ihre Nahrung Protein im Überfluss erhalten, das auch z.T. im imaginalen Fettkörper abgelagert wird. — Bei den Männchen, die schon von Haus aus weniger freie Fettkörperzellen aufweisen, ist der Abbau am 2. Tage beendet.

EVANS (5) stellt bei *Lucilia sericata* ebenfalls fest, dass der Abbau resp. das Verschwinden des freien Fettkörpers in der Imago stark von der Fliegenernährung beeinflusst wird. Im Gegensatz zu *Musca* geht aber der Abbau bei Vollernährung, die unserer Milchnahrung entsprechen würde, rascher vor sich als bei reiner Zuckerdiät, und bei ausschliesslicher Wasserfütterung erfolgt sein Abbau noch langsamer.

Über die Inhaltsstoffe des larvalen und des imaginalen Fettkörpers bei der Imago

Es bestehen wenig Angaben über die Inhaltsstoffe des aus der Larve durch die Metamorphose in die Imago hinübergeretteten Fettkörperzellen. ZAKOLSKA (29) hat im larvalen Fettkörper von *Tenebrio* Neutralfette, Fettsäuren, Eiweisstoffe und Glycogen nachweisen können. Weitere Angaben lauten ähnlich. Sie stützen sich in der Hauptsache auf cytologisch — cytochemische Untersuchungen älteren Datums.

Durch papierchromatographische Untersuchungen von Auszügen und Homogenaten des freien larvalen Fettkörpers von frischgeschlüpften Fliegen und des voll funktionierenden imaginalen Fettkörpers von 6-tägigen Zucker- und Milchfliegen, wurde versucht, deren Inhaltsstoffe qualitativ und annäherungsweise auch quantitativ festzustellen.

Freie Aminosäuren

Der larvale Fettkörper in der Imago sowie der imaginale Fettkörper von je 10 weiblichen Fliegen, aus dem Abdomen möglichst quantitativ entnommen, wurde mit wenig physiologischer NaCl-Lösung im Mikromörser fein homogenisiert, das Homogenisat mit 0,5 ml 80 %-igem Alkohol aufgenommen, 60 Min. stehen gelassen bei mehrmaligem gutem Durchschütteln, zentrifugiert, Überstehendes abpipettiert und mit Chloroform ausgeschüttelt. Im Wasser über dem Chloroform befinden sich die freien Aminosäuren (v. d. CRONE-GLOOR (25)), die zweidimensional chromatographiert wurden. Die Resultate sind in Tabelle 1 festgehalten.

TABELLE I

Freie Aminosäuren und Peptide im freien, larvalen Fettkörper der frischgeschlüpften Weibchen im Vergleich zum imaginalen Fettkörper 6 Tage alter Weibchen

	Freier, larvaler Fettkörper	Imaginaler Fettkörper	
		Zuckerfliegen	Milchfliegen
1. α Alanin	xxx *	Spuren	(x)
2. Arginin	xx	—	—
3. Leucin	(x)	—	—
4. Lysin	(x)	—	—
5. Glutaminsäure	xxx	Spuren	(x)
6. Prolin	x	—	(x)
7. Serin	xx	—	—
8. Tyrosin	x	—	—
9. Valin	x	—	—
10. 3-4 Peptide	xxx	—	—

* Entsprechen den Densitometerwerten. xxx starke Flecken, xx mittelstarke Flecken, x deutliche Flecken, (x) deutliche Spuren.

Der freie, larvale Fettkörper weist bei den 0 bis 1-tägigen Fliegen ziemlich viel freie Aminosäuren auf, von denen α Alanin und Glutaminsäure die stärksten Flecken ergaben, Serin und Arginin deutlich geringer zeichneten, während Leucin und Lysin nur schwach vertreten waren. Die Peptide ergaben wieder starke Flecken.

Beim imaginalen Fettkörper sind bei den Zuckerfliegen nur Spuren von Alanin und Glutaminsäure gefunden worden. Bei den Fliegen mit Milchdiät waren deutlich aber schwach vertreten Alanin, Glutaminsäure und Prolin.

Der freie larvale Fettkörper weist demnach deutlich mehr freie Aminosäuren auf als der imaginale.

Beim freien Fettkörper der 2-tägigen Fliege waren die gleichen Aminosäuren zu finden, aber ihr Gehalt hatte sich deutlich erhöht, wahrscheinlich vom internen Abbau der Proteine herrührend.

Glycogen

Beim Aufstrich der beiden Fettkörper auf Glas und Fixierung mit abs. Aethanol konnte mit Best's Carmin im freien Fettkörper frischgeschlüpfter Fliegen ziemliche Mengen von Glycogen nachgewiesen werden. Bei 2 bis 3-tägigen Fliegen enthielt er dagegen nur noch wenig Glycogen. Viele freie Fettzellen ergaben keine Reaktion mehr. Das Glycogen scheint demnach ziemlich rasch aus dem freien Fettkörper abtransportiert zu werden.

Im imaginalen Fettkörper der 6-tägigen Zucker- und Milchfliegen wurden durchgehends respektable Mengen von Glycogen gefunden.

Fluoreszierende Stoffe

Der Fettkörper der Larve, Puppe, sowie der freie und der imaginale Fettkörper der Imago zeigt als Homogenat auf Filterpapier aufgetragen und durch Azeton entfettet, eine starke gelbgrüne Fluoreszenz.

Im Homogenat mit Butanol-Eisessig-Wasser (4:2:2) unter Lichtabschluss aufsteigend chromatographiert, konnten 4 verschiedene fluoreszierende Substanzflecken gefunden werden, die mit absteigenden Rf. Werten folgende Fluoreszenz aufwiesen:

TABELLE 2

Fluoreszierende Stoffe im freien, larvalen und imaginalen Fettkörper

	Rf	Stärke der Flecken
1. Sehr stark hellblau	0,64	xxx
2. Matt dunkelblau	0,56	x
3. Matt schwefelgelb	0,47	x
4. Matt aber stark purpurfarben .	0,39	xx

Die Substanzen sind lichtempfindlich. Es ist möglich, dass diese fluoreszierenden Stoffe mit der Zellatmung im Fettkörper in Beziehung stehen. Wahrscheinlich handelt es sich um Pteridine (s. THOMSON).

Phosphatide, Phospholipoide und Lipide

Nach der Methode von BEISS und ARMBRUSTER (2) wurden Homogenate der beiden Fettkörpertypen ein- und zweidimensional getrennt, wobei 12 Flecken erhalten wurden, von denen 10 identifiziert werden konnten (s. Tab. 3).

TABELLE 3

Phosphatide, Phospholipoide und Lipide im freien, larvalen Fettkörper und im Fettkörper der 6-tägigen Fliegen (♀).

	Freier larvaler Fettkörper	Imaginärer Fettkörper	
		Zuckerfliegen	Milchfliegen
Lysolecithin	xxx	—	—
Lecithin	xxx	(x)	x
Sphingomyelin	xx	—	x
Serincephalin	xxx	—	—
Cholesterin *	xxxx	(x)	x
Azetalphosphatid I.	xx	—	—
Azetalphosphatid II	xx	—	—
Höhere Fettsäuren	x	xxxx	xxxx
Neutralfette	x	xxx	xxxx
Peptide	3-4	—	2-3

* Auch mit der Liebermann-Burchardt-Reaktion nachgewiesen.

Ein weiterer Beweis für das Vorhandensein von Phosphatiden im freien Fettkörper kann wohl auch darin erblickt werden, dass Proteinkugeln nach der Methode *Rauen* (s. *ROMEIS* 879 (20)), die für Phosphatide charakteristische blauschwarze Färbung ergaben.

Im *imaginalen Fettkörper* von 6-tägigen Zuckerfliegen konnten kleine Spuren von Lecithin und Cholesterin und grössere Mengen von Lipoiden (freie Fettsäuren und Neutralfette) gefunden werden. Bei den Fliegen mit Milchdiät waren diese Stoffe deutlich stärker vertreten und man fand auch mehrere Peptide.

Nach der Färbung mit Nilblausulfat zu schliessen, sind im freien, larvalen, als auch im imaginalen Fettkörper ungesättigte Glyceride vorhanden, besonders stark im imaginalen Fettkörper der Milchfliegen.

Proteine

Der freie, larvale Fettkörper der Imago besitzt, durch Papierelektrophorese bestimmt, mindestens 3 mal mehr Proteine als der imaginale Fettkörper der Milchfliegen, und etwa 4–5 mal so viel wie derjenige der Zuckerfliegen. Beim larvalen Fettkörper wurden 4, beim imaginalen 2 resp. 1 Fraktion erhalten.

Durch leichte Hydrolyse des freien, larvalen Fettkörpers in der Imago mit Salzsäure konnte eine Anzahl von Peptiden und 18 Aminosäuren erhalten werden, die nur zum Teil identifiziert werden konnten. Der imaginale Fettkörper ergab dagegen nur wenig Proteinbausteine, neben ungebauten Proteinen, die am Starte verharreten.

Wenn wir diese analytischen Ergebnisse tabellarisch vergleichend zusammenfassen, dann erhalten wir folgendes Bild :

TABELLE 4

	Freier larvaler Fettkörper	Imaginaler Zuckerfliegen	Fettkörper Milchfliegen
Freie Aminosäuren . . .	xxx	(x)	x
Glycogen	x	xx	xxx
Fluoreszierende Stoffe .	xx	xx	xx
Phosphatide, Phospholi- poide, Glyceride. . .	xxx	(x)	x
Cholesterin	xxx	(x)	x
Lipoide	x	xxx	xx
Proteine	xxx	(x)	x

Der freie, larvale Fettkörper der frischgeschlüpften Imago besitzt ein viel reicheres Bouquet von Inhaltsstoffen als der erst in der Imago richtig zur Entwicklung gelangende imaginale Fettkörper. Zudem sind deutliche quantitative Unterschiede vorhanden, namentlich in bezug auf Aminosäuren, Phosphatide, Cholesterin und Proteine, die beim freien

Fettkörper in deutlich grösserer Menge vorhanden sind als beim imaginalen.

Diese Unterschiede rühren in der Hauptsache davon her, dass der freie, larvale Fettkörper sich in der ersten Hälfte der Puppenruhe mit den verschiedensten, bei der Autolyse anfallenden Stoffe prall aufgefüllt hat, die er zum grossen Teil in die Imago hinüberrettet und erst dort durch phagozytotische und andere Abbauvorgänge dem imaginalen Organismus zur Verfügung stellt.

Untersuchungen über die Bedeutung des freien, larvalen Fettkörpers in der Imago

Das einzige Organsystem, das bei vielen Insekten nach dem Schlüpfen der Imago aus der Puppe sich noch in einem fast embryonalen Zustande befindet, sind die Ovarien, die in der Puppe nur eine geringe Entwicklung erfahren haben (vergl. WIGGLESWORTH (28)). Während der Praeovisitionsperiode wachsen sie dann zur vollen Reife heran.

Es wird daher allgemein angenommen, dass in diesen Fällen die im larvalen Fettkörper durch die Metamorphose hindurchgeretteten Reservestoffe zum Aufbau der Ovarien Verwendung finden (vergl. BERLESE (3), PÉREZ (17), HENNEGUY (9), ZAKOLSKA (29) etc.). Soweit ich die einschlägige Literatur überblicken kann, sind bis anhin direkte Beweise für diese Annahme nicht geliefert worden.

Es ist schon lange bekannt, dass die Ovarien der frischgeschlüpften Stubenfliege sich in einem sehr wenig entwickelten Zustande befinden und erst im Verlaufe der Zeit mit entsprechender Nahrung zur Vollreife gelangen (GLASER (7), ASCHER UND LEVINSON (1), WIESMANN (27) etc.).

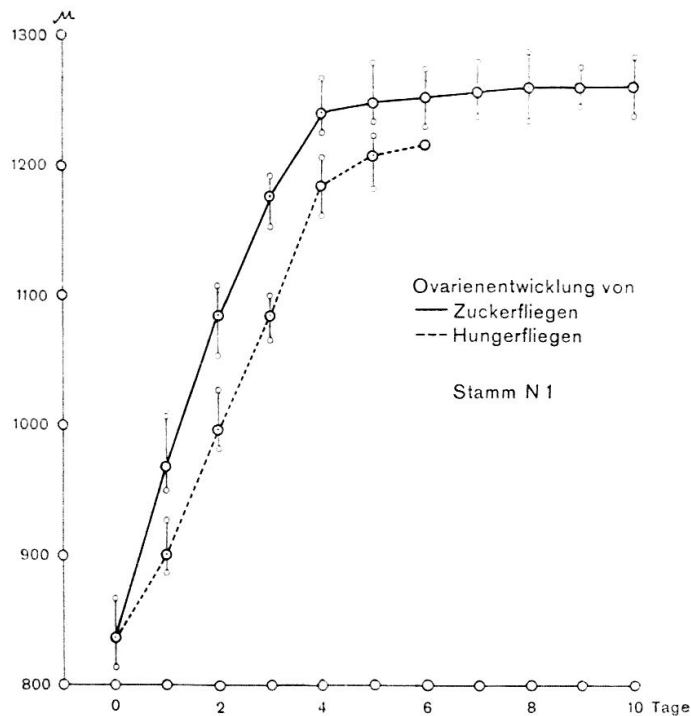
Um festzustellen, ob die Entwicklung der Ovarien der frischgeschlüpften, weiblichen Fliegen in einem Zusammenhang mit dem larvalen, freien Fettkörper steht, wurden Versuche mit Zuckerfliegen und auch mit Hungerfliegen, die nur Wasser erhielten, angestellt.

Je 500 Fliegen, 250 Männchen und 250 Weibchen unseres normal-sensiblen Fliegenstammes N 1, erhielten sofort nach dem Schlüpfen ausschliesslich Zucker und Wasser (getrennt verabfolgt), resp. nur Wasser. Ev. sterbende Tiere wurden sofort aus dem Kasten entfernt, um den anderen Fliegen die Möglichkeit zu nehmen sich von den Kadavern zusätzliche Proteine etc. zu verschaffen (vergl. ASCHER UND LEVINSON (1)).

Täglich wurden je 20 Weibchen sezirt, der freie Fettkörper im Abdomen bestimmt und die herauspräparierten Ovarien ausgemessen. Ein gleiches geschah mit den Männchen. In einer parallel laufenden Versuchsserie wurde die Lebensdauer der Fliegen mit den verschiedenen Diäten bestimmt.

Die Resultate dieser Versuche sind graphisch in Abb. 10 wiedergegeben.

Abb. 10. — Ovarienentwicklung von Fliegen, die mit Zucker und Wasser resp. nur mit Wasser gefüttert wurden. Ordinate: Durchmesser der Ovarien.



Es zeigte sich, dass bei den mit Zucker und Wasser gefütterten weiblichen Fliegen sich die Ovarien bis zum 5. oder 6. Tage linear vergrößern, dann aber auf einem wenig entwickelten Stadium stehen bleiben. Eine Geschlechtsreife der nur mit Zucker gefütterten Weibchen tritt also nicht ein, was übrigens schon lange bekannt ist.

Wenn wir nun den Abbau, resp. das Verschwinden des freien, larvalen Fettkörpers mit dem Wachstum der Ovarien vergleichen (s. Abb. 9), dann stellen wir fest, dass der freie Fettkörper am 4. Tage verschwunden ist, und dass am 5. resp. 6. Tage auch das Wachstum der Ovarien eingestellt wird. Diese Parallelität deutet darauf hin, dass die Reserven im freien Fettkörper zur Ovarienentwicklung verwendet werden.

Ein Beweis dafür, dass diese Annahme sehr wahrscheinlich stimmt, liefern die Versuche mit den Hungerfliegen. Hier zeigte sich, dass die Abbauprodukte des larvalen Fettkörpers nur zum kleinsten Teile zur Erhaltung des Lebens gebraucht werden, sondern dass sie, gleich wie bei den mit Zucker gefütterten Fliegen in die Ovarien eingebaut werden, denn die Ovarien der Hungerfliegen zeigen ein nur ganz wenig geringeres Wachstum als bei den Zuckerfliegen (s. Abb. 10).

Die in der Fliegenpuppe in die freien Fettzellen aufgenommenen und darin verarbeiteten Reservestoffe dienen bei Musca domestica also hauptsächlich zum Aufbau der Ovarien und nur zum kleinsten Teil zur Befriedigung des Betriebstoffwechsels der Fliegen (s. S. 204).

Während bei den Zuckerfliegen der imaginale Fettkörper mit dem Verschwinden des freien Fettkörpers stark an Volumen zunimmt,

erleidet er bei den Hungerfliegen eine Art Degeneration, während der freie Fettkörper im gleichen Rhythmus wie bei den Zuckerfliegen verschwindet resp. abgebaut wird (s. Abb. 9).

EVANS (5) hat bei *Lucilia sericata* ähnliche Untersuchungen angestellt, und dabei gefunden, dass nur bei Vollnahrung (Fleisch-Zucker-Wasser) während der Zeit des Abbaues des freien, larvalen Fettkörpers die Ovarienentwicklung einsetzt, nicht aber bei Zucker und Wasser oder nur Wasserdiät. Er stellt auch fest, dass bei Vollnahrung der Abbau der freien Fettzellen viel rascher erfolgt als bei Zucker + Wasser oder Wasser allein.

Lucilia verhält sich also in dieser Beziehung anders als *Musca*.

Untersuchungen über die Inhaltsstoffe der sich entwickelnden Ovarien, über die in einer späteren Publikation berichtet werden soll, zeigen, dass die sich entwickelnden Ovarien in der Hauptsache die gleichen Stoffe enthalten wie die freien Fettzellen. Die freien, larvalen Fettzellen sind daher als eigentliches Reservoir für die erste Eientwicklung anzusprechen. Dabei scheinen neben dem Eiweiss, die verschiedenen Phosphatide, und dann auch das Cholesterin, das in relativ grossen Mengen vorhanden ist, und das die Fliegen selbst nicht produzieren können und auch zur Eiproduktion benötigen (RASSO und FRAENKEL (19), MONROE (15)), eine nicht unbedeutende Rolle bei der Eibildung zu spielen. Möglicherweise sind in den freien Fettzellen auch Vitamine, besonders der B-Gruppe, in einem geringen Prozentsatz vorhanden, welche die beginnende Eientwicklung fördern (LEVINSON und BERGMANN (12)). Ohne die genannten Stoffe wäre eine, wenn auch nur beginnende Eibildung nicht möglich. Mit Zucker gefütterte Fliegen können aus der Nahrung wohl Lipotide, Glycogen und ähnliche Stoffe aufbauen, nicht aber Proteine etc. Die Proteine, das Cholesterin, etc., die zum Aufbau der Ovarien gebraucht werden, werden in der ersten Zeit vom larvalen Fettkörper geliefert, sind aber nicht in genügender Menge vorhanden, um später eine volle Ovarientwicklung zu garantieren. 1962 konnten ROBBINS und SHORTINO (30) den Nachweis erbringen, dass Cholesterin und Cholesterinderivate an *Musca*-Larven verfüttert, Fliegen ergaben, die auch bei ausschliesslicher Zucker und Wasser-Diät reife Ovarien entwickelten. Die Aufbewahrung dieser Stoffe erfolgt sehr wahrscheinlich auch im larvalen Fettkörper.

Der imaginale Fettkörper ist bei den frischgeschlüpften Fliegen noch relativ schwach ausgebildet und in seiner Entfaltung durch den freien, larvalen Fettkörper sozusagen physikalisch gehemmt, da der letztere, wie ausgeführt, alle Zwischenräume im Abdomen ausfüllt. Er entnimmt dem freien Fettkörper durch Phagozytose anscheinend hauptsächlich die für den Betriebsstoffwechsel nötigen Bestandteile, Lipotide, ev. auch Glycogen und lässt aber die Aufbaustoffe, wie Proteine etc. unangetastet, die dann beim Weibchen für den ersten ovarialen Aufbau Verwendung finden.

Successive mit dem Verschwinden des freien Fettkörpers beginnt sich auch der imaginale Fettkörper auszubreiten, und am 4.–5. Tage erfüllt er sowohl bei den Zucker- als auch bei den Milchfliegen einen Grossteil des hinteren Abdomenabschnittes. Jetzt beginnt er auch stark als Speicherorgan zu funktionieren, enthält aber wie wir feststellten im Gegensatz zum freien Fettkörper hauptsächlich Lipoide und Glycogen, dagegen bei den Zuckerfliegen wenig oder kein Eiweiss. Der freie, larvale Fettkörper ist also ein wichtiges Vorrats- und Speicherorgan, das dem Aufbaustoffwechsel dient, während der imaginale Fettkörper hauptsächlich ein Reservoir für den Betriebsstoffwechsel darstellt.

Wir stellten bereits fest, dass die männlichen Fliegen, wie dies auch bei anderen Insekten der Fall ist (vergl. KREUSCHER (11)), einerseits weniger freien Fettkörper aufweisen als die Weibchen und derselbe andererseits auch bedeutend weniger Eiweisseinschlüsse enthält, dagegen mehr Lipoide und Glycogen aufweist. Seine Bedeutung ist sicherlich geringer als beim Weibchen, da das frischgeschlüpfte Männchen bereits geschlechtsreif ist, also eine Reifung der Geschlechtsprodukte nicht nötig hat. Die Männchen bauen den freien Fettkörper auch in kürzerer Zeit ab als die Weibchen, und sie brauchen seine Inhaltsstoffe wahrscheinlich in der Hauptsache für ihren Betriebsstoffwechsel. Schon während der Puppenruhe erfolgt ein starker Abbau, namentlich der Proteineinschlüsse, die möglicherweise zur Hodenreifung Verwendung finden, die bereits in der Puppe stark voranschreitet.

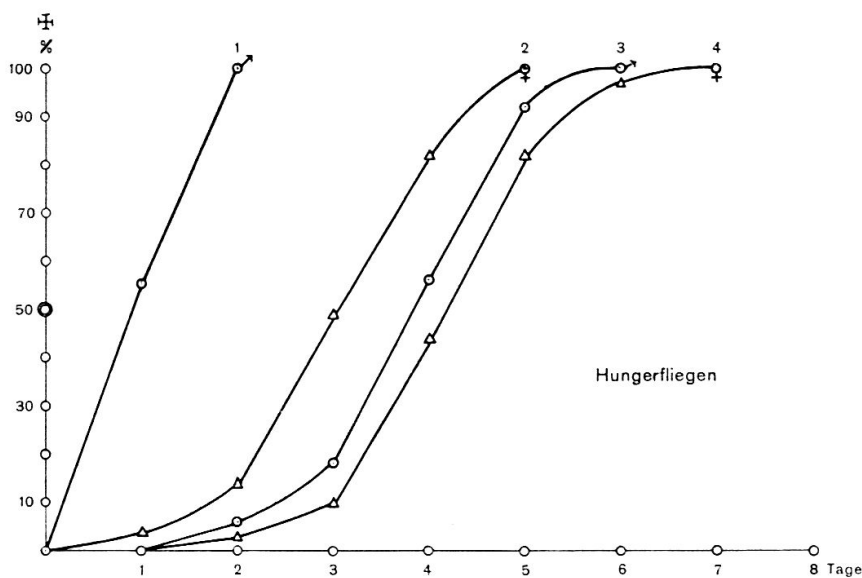


Abb. 11. — Lebensdauer männlicher und weiblicher nur mit Wasser gefütterter Fliegen. Stamm: CSMA.

1: Männchen, 2.: Weibchen, vorher 4 Tage mit Zucker gefüttert, 3: Männchen, 4: Weibchen frisch geschlüpft, also ohne jegliche Nahrung.

Werden frischgeschlüpfte und 4 Tage mit Zucker gefütterte Fliegen hungern gelassen, d. h. nur mit Wasser gefüttert (s. Abb. 11) dann stellt man fest, dass die frischgeschlüpfte Fliegen den Hunger deutlich besser ertragen als die Fliegen, die 4 Tage Zucker erhalten hatten. Dies ist besonders auffallend bei den Männchen, wo bei den Zuckerfliegen nach 2 Tagen alle Tiere verhungert waren, bei den frischgeschlüpfte dagegen eine mittlere Lebensdauer von $3\frac{1}{2}$ Tagen erreicht wurde. Die Zuckerfliegen waren ganz auf die noch geringen Reserven im imaginalen Fettkörper angewiesen, die nur ein kurzes Leben ermöglichten, bei den frischgeschlüpfte dagegen konnten sie, besonders die Männchen, wahrscheinlich von den Reserven des freien, larvalen Fettkörpers zehren. Bei den Weibchen sind diese Unterschiede lange nicht so auffallend, aber immerhin ist die mittlere Lebensdauer der frischgeschlüpfte Fliegen fast einen Tag länger als bei den Zuckerfliegen.

Dies deutet darauf hin, dass der freie, larvale Fettkörper namentlich der männlichen Fliegen eine viel hochwertigere, energiereichere Nahrung bietet als der noch nicht in voller Funktion stehende imaginale Fettkörper es tun kann. Bei den Weibchen wird der erstere in der Hauptsache zur Ovarientwicklung verwendet.

Fermente des freien, larvalen und imaginalen Fettkörpers

Da der freie, larvale Fettkörper ein Teil seiner Einschlüsse, wie nach den mikroskopischen Bildern zu schliessen ist, in seinem Innern abbaut und wahrscheinlich durch Osmose an die umgebende Haemolymphe abgibt, war zu vermuten, dass in diesen Zellen auch entsprechende Fermentsysteme vorhandens ein könnten.

Um diese Frage zu beantworten, wurden ein paar einfache Fermentreaktionen mit Homogenat von freien Fettkörperzellen von je 10 frischgeschlüpfte weiblichen Fliegen und vom imaginalen Fettkörper 6 Tage alter weiblicher Zuckerfliegen angesetzt. — Die Homogenate wurden in sehr wenig physiol. NaCl-Lösung (0,01 ml) hergestellt und hierauf in 0,5 ml Substratlösung gebracht und bei 35° inkubiert. Von diesen Inkubaten wurden zu verschiedenen Zeiten je 3 Proben von 0,005 ml mit einer Blutpipette entnommen, als Tupfen auf Elphorstreifen aufgetragen, die man dann mit den entsprechenden Reagenzien entwickelte. Die so erhaltenen Farbflecken wurden dann im Densitometer gemessen.

Abbau von Saccharose

Mit dem Homogenat wurde eine 1 %-ige Rohrzuckerlösung in dest. Wasser inkubiert und die Tropfenreaktion auf Glucose durchgeführt. — Die Abbaukurven haben grosse Ähnlichkeit mit denjenigen des Glycogens (s. Abb. 12). Beide Fettkörpertypen sind in der Lage Saccharose abzubauen.

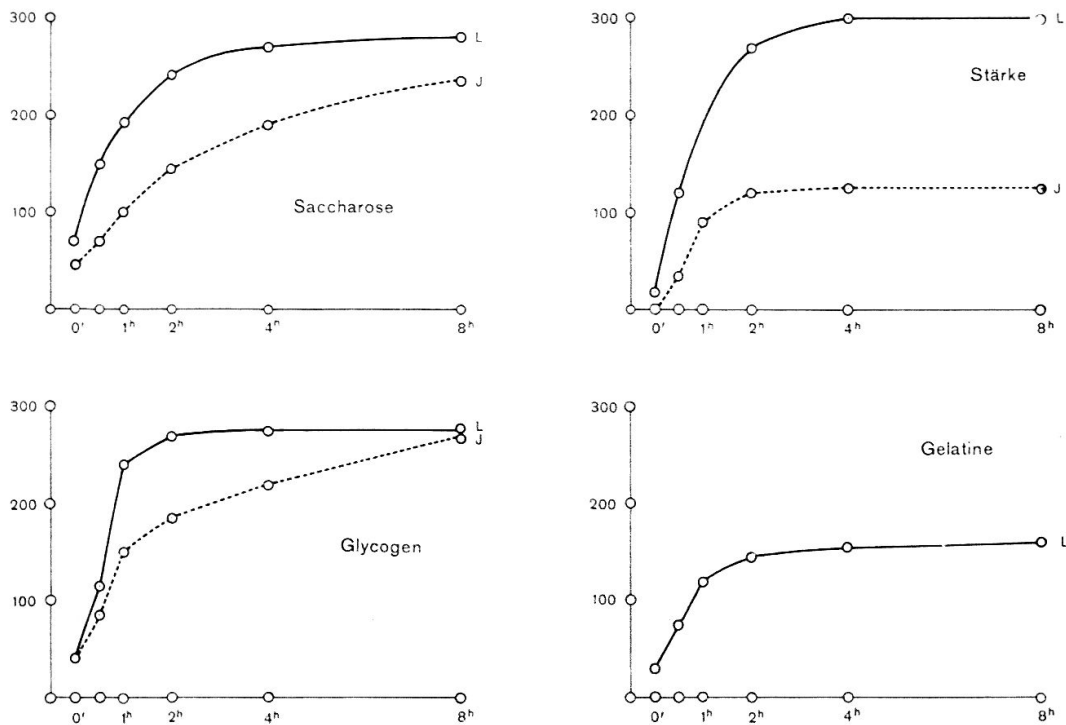


Abb. 12. — Abbau von Saccharose, Glycogen, Stärke und Gelatine durch Homogenate des freien, larvalen Fettkörpers (L) frisch geschlüpfter weiblicher Fliegen und des imaginalen Fettkörpers (J) 6 Tage mit Zucker gefütterter Weibchen. Die Zahlen auf der Ordinate sind mittlere Densitometer-Werte der Tupfenchromatogramme.

Abbau von Glycogen

Mit dem Homogenat wurde eine 1 %-ige Glycogenlösung in dest. Wasser inkubiert. Tupfenreaktionen mit Benzidin auf Glucose wurden ausgeführt.

Wie die Abbildung 12 zeigt, bauen die Homogenate beider Fettkörper das Glycogen ab, der freie fast doppelt so stark und so rasch wie der imaginale.

Abbau von Stärke

Gleiche Versuchsanordnung wie bei 1. und 2. Abbau von 1 %-iger Stärke durch die beiden Homogenate.

Wie aus Abb. 12 hervorgeht, können die beiden Fettkörper auch Stärke zu Maltose und diese wieder in Glucose weiter abbauen, und zwar der freie wieder doppelt so stark wie der imaginale Fettkörper.

Abbau von Gelatine

Eine 0,5 %-ige Gelatinelösung in dest. Wasser wurde zum Homogenat zugegeben. Tupfenreaktion auf Peptide und Aminosäuren mit Ninhydrin.

Hier zeigte es sich, dass nur der freie Fettkörper Gelatine-abbauende Fermente enthält, während beim imaginalen Fettkörper kein Abbau festzustellen war (s. Abb. 12).

Zusammenfassend stellen wir fest, dass beide Fettkörper fähig sind Kohlehydrate (Glycogen, Saccharose und Stärke) fermentativ zu zerlegen, während nur der freie, larvale Fettkörper eine Protease resp. eine Peptidase aufweist. Es sind sicherlich noch andere Ferment-systeme vorhanden.

Dadurch ist vielleicht auch erklärt, dass besonders der freie Fettkörper seine z.T. aus autolysiertem Gewebe der Larve herrührenden Inhaltsstoffe fermentativ abbauen und in eine besser lösliche Form überführen kann.

Zusammenfassung

Die Entstehung des auffallenden, transitorischen freien, larvalen Fettkörpers in den frischgeschlüpften Imagines von *Musca domestica*, sowie seine Bedeutung für die Ovarialentwicklung wurde untersucht.

Der direkte Beweis für den larvalen Ursprung der freien Fettkörperzellen in der Imago konnte durch Verfütterung von Vitalfarben, die den Fettkörper in der Larve anfärben, erbracht werden. Weitere Beweise lieferten Schnittpräparate.

Der Fettkörper der ausgewachsenen Larve und die Anlagen des imaginalen Fettkörpers werden beschrieben, sowie ihr Verhalten in der Puppe und der frischgeschlüpften Imago.

Bereits in der Vorpuppe zerfällt der Larvenfettkörper in freie, kugelige Zellen mit dünner Zellmembran, die in der Folge sich aktiv, phagozytotisch mit den autolysierten Resten des larvalen Gewebes prall füllen. Dieselben werden nach und nach von der Fettzelle assimiliert, und als baso- und azidophile Proteinkugeln gelagert. Der auf einem embryonalen Entwicklungsstadium aus der Larve als Einzelzellen übernommene imaginale Fettkörper entwickelt sich in der Puppe durch Zellteilung zu Strängen und Platten, besonders stark im Abdomen, und erst kurz vor und nach dem Schlüpfen der Imago beginnt seine eigentliche Funktion.

Der Abbau des freien, larvalen Fettkörpers, der im Abdomen erst am Ende der Puppenruhe einsetzt, erfolgt auf drei verschiedene Arten:

1. durch Eindringen von Leucozyten in die larvalen Fettzellen, die den späteren Zerfall derselben bedingen,
2. durch Eigenresorption des Inhalts und osmotische Stoffabgabe nach aussen mit späterem Zerfall und hierauf folgender Phagozytose durch Leucozyten,
3. durch Phagozytose durch den imaginalen Fettkörper und darauf folgende Phagozytose durch Leucozyten.

Das Verhalten und Aussehen des in auffallend grossen Mengen im Abdomen der frischgeschlüpften Fliege befindlichen larvalen Fettkörpers und sein Verschwinden wird eingehend beschrieben, ebenso das weitere Verhalten des imaginalen Fettkörpers. Bei den weiblichen Fliegen ist der Abbau des larvalen Fettkörpers nach 3-4 Tagen beendet, bei den Männchen bereits nach 2 Tagen. Erst nach dem Verschwinden des larvalen Fettkörpers breitet sich, besonders im Abdomen, der imaginale Fettkörper aus.

Die Inhaltsstoffe der beiden Fettkörpertypen: freie Aminosäuren, Glycogen, fluoreszierende Stoffe, Cholesterin, Phosphatide, Phospholipide, Lipide und Proteine werden chromatographisch untersucht, wobei gefunden wurde, dass der freie, larvale Fettkörper in der frischgeschlüpften Imago ein viel reicheres Bouquet an diesen Stoffen hat und z.T. auch quantitativ dem imaginalen Fettkörper überlegen ist.

Es konnte weiter experimentell die Bedeutung des freien, larvalen Fettkörpers in der Imago für die beginnende Ovarienentwicklung gefunden werden, die als typische Reservoirs für diese Entwicklung gelten, was auch aus ihren Inhaltsstoffen ersichtlich ist.

Im Schlusskapitel werden ein paar Fermente und Fermentsysteme des larvalen und imaginalen Fettkörpers beschrieben und auf ihre Bedeutung hingewiesen.

ZITIERTE LITERATUR

1. ASCHER, K. R. S. and LEVINSON, Z. K., 1956. *The influence of protein addition to the larval diet on oviposition of the Housefly*. Riv. Parassit. 17. 217-222, 1956.
2. BEISS, U. und ARMBRUSTER, O. 1958. *Die quantitative Bestimmung von Phosphatiden durch Papierchromatographie*. Z. Naturforschung, 13b. 79-84, 1958.
3. BERLESE, A. 1899-1901. *Osservazioni su fenomeni che avvengono durante la ninfa degli insetti metabolici*. Riv. Patol. Veget. Firenze, 8. 1-147, 9. 177-344, 10. 1-108.
4. CWILICH, R. and MER, G. G., 1954. *Determination of the age of the Housefly Musca domestica — vicina Macqu. by the persistence of larval fat body cells in the imago*. Riv. Parassit. 15. 357-359, 1954.
5. EVANS, A. C., 1935. *Some notes on the biology and physiology of the Sheep Blowfly, Lucilia sericata Meig.* Bull. Ent. Res. 26. 115-125, 1935.
6. GANIN, R., 1875. *Materiaux pour servir à l'histoire du développement postembryonnaire des insectes*. Trav. 5^e Congr. Soc. des Nat. et Medec. russes, Warsaw. (Russisch). Referiert: Zeitschr. f. Wissensch. Zool. 28. 386-389, 1875.
7. GLASER, R. W., 1923. *The effect of food on longevity and reproduction in flies*. Jl. Expt. Zool. 38. 383-412, 1923.
8. GURR, E., 1953. *A practical manual of medical and biological staining technique*. Interscience publishers Inc. New York, 1953.
9. HENNEGUY, L. F., 1904. *Les insectes, Morphologie, Reproduction, Embryogénie*. Paris, Masson et C^{ie}, 1904.
10. HUFNAGEL, A. 1918. *Recherches histologiques sur la métamorphose d'un lépidoptère (Hyponomeuta padella L.)* Arch. Zool. Exp. Génér. 57. 47-209, 1918.

11. KREUSCHER, A. 1922. *Der Fettkörper und die Önoocyten von Dyriscus marginalis*. Zeitschr. f. wiss. Zool. 119. 247-284, 1922.
12. LEVINSON, Z. H. and BERGMANN, E. D., 1959. *Vitamin deficiencies in the Housefly produced by avitamines*. J. Ins. Physiol. 3. 293-305 1959.
13. MER, G. G., 1954. *Observations on the behaviour and control of houseflies in a rural area in Israel*. Riv. Parassit. 14. 201-218, 1954.
14. MERCIER, M. L., 1906. *Les processus phagocytaires pendant la métamorphose des Batraciens anoures et des insectes*. Arch. Zool. Expt. Génér. (4) 5. 1-151, 1906.
15. MONROE, R. E., 1959. *Role of Cholesterol in House Fly Reproduction*. Nature, Suppl. 19, 184. 1513, 1959.
16. MURRAY, F. V. and TIEGS, O. W., 1935. *The metamorphosis of Calandra oryzae*. Quart. Journ. Micr. Sci. 77. 405-495, 1935.
17. PÉREZ, CH., 1910. *Recherches histologiques sur la métamorphose des Muscides Calliphora erythrocephala* Mg. Arch. Zool. Exp. Génér. 5. Serie 4. 1-274, 1910.
18. POYARKOFF, E., 1910. *Recherches histologiques sur la métamorphose d'un Coléoptère (La galéruque de l'orne)*. Arch. Anat. Microscop. 12. 333-474, 1910.
19. RASSO, S. C. and FRAENKEL, G., 1954. *The food requirements of the adult female Blowfly, Phormia regina Meig. in relation to ovarian development*. Ann. Ent. Soc. Amer. 47. 636-645, 1954.
20. ROMEIS, B., 1948. *Mikroskopische Technik*. Leibniz Verlag, München, 1948.
21. SCHMIEDER, R. G., 1928. *Observations on the fat-body in Hymenoptera*. JI. Morphol. Physiol. 45. 121-185. 1928.
22. SNODGRASS, R. E., 1924. *Anatomy and metamorphosis of the Apple Maggot Rhagoletis pomonella* Wals. JI. Agric. Res. 28. 1-36, 1924.
23. — 1925. *Anatomy and physiology of the Honey-bee*. New York, 1925.
24. VANEY, C., 1902. *Contribution à l'étude des larves et des métamorphoses des Diptères*. Ann. Univ. Lyon, (2) I. Sc. Fasc. 9. 1-43.
25. Von der CRONE-GLOOR, U., 1959. *Quantitative Untersuchungen der freien Aminosäuren und Polypeptide während der Embryonalentwicklung von Drosophila melanogaster*. J. Ins. Physiol. 3. 50-56, 1959.
26. WEISMANN, A., 1864. *Die nachembryonale Entwicklung der Musciden nach Beobachtungen an Musca vomitoria und Sarcophaga carnaria*. Z. wiss. Zool. 14. 187-336, 1864.
27. WIESMANN, R., 1960. *Zum Nahrungsproblem der freilebenden Stubenfliegen Musca domestica* L. Z. angew. Zool. 47. 159-181, 1960.
28. WIGGLESWORTH, V. B., 1953. *The Principles of Insect Physiology*. Methuen, London, 1953.
29. ZAKOLSKA, W., 1928. *Recherches histo-chimiques sur le tissu adipeux des larves et des nymphes de Tenebrio molitor*. Kosmos, Bull. Soc. Polon. Naturalistes « Copernik », Ser. A. Memoires, 53. 779-797, 1928.
30. ROBBINS, W. E. and SHORTINO, T. J., 1962. *Effect of cholesterol in the larval diet on ovarian development in the adult House-Fly*. Nature, 194. 502-503, 1962.
31. THOMSON, R. H., 1960. *Insect Pigments*. Verh. XI. Int. Kongr. Entomol. Wien 1960. Bd. III. S. 21.