

Diss. Nr. 4400

**Der Einfluß von Art und Menge des Futterfettes
auf den Verlauf des Fettstoffwechsels
bei der Legehenne
und auf die Zusammensetzung des Eierfettes**

ABHANDLUNG

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

ROGER BIEDERMANN

dipl. Ing.-Agr. ETH

geboren am 14. März 1940
von Altstätten (Kt. St. Gallen)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. A. Schürch, Referent
Prof. Dr. J. Neukom, Korreferent

Juris-Druck + Verlag Zürich
1970

ETHICS ETH-BIB



00100000720205

ZUSAMMENFASSUNG

In drei Versuchen mit Legehennen wurde der Einfluss von Art und Menge des Futterfettes auf das Fettsäuremuster des Eierfettes untersucht. Anhand der Untersuchungsergebnisse konnten Rückschlüsse auf den Fettstoffwechsel des Huhnes gezogen werden. Besonderes Gewicht wurde dem Stoffwechsel der höher ungesättigten Fettsäuren der vier Fettsäuretypen zugemessen. Die einzelnen am Aufbau des Futterfettes und des Eierfettes beteiligten Fettsäuren wurden auf gaschromatographischem Wege bestimmt und einerseits mittels der direkten Koppelung der Gaschromatographie mit der Massenspektrometrie, andererseits mit der Methode der Charakterisierung der ungesättigten Fettsäuren mit Hilfe der "Equivalent chain lengths" identifiziert. Die Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Wenn der Legehenne mit dem Futter steigende Mengen einer Fettmischung mit einem hohen Gehalt an mittellangkettigen Fettsäuren und an Linolsäure (18:2) verfüttert wurden, so reicherten sich die Myristin- (14:0) und die Linolsäure im Eierfett stark an. Ein lineares Ansteigen des Fettgehaltes in den Futtermischungen bewirkte im Ei eine logarithmische Zunahme dieser beiden Fettsäuren. Die Zunahme des Myristin- (14:0) und Linolsäuregehaltes (18:2) im Ei erfolgte zu Ungunsten des Gehaltes an Palmitin- (16:0), Palmitolein- (16:1) und Oleinsäure (18:1)
2. Bei fettarmer und somit linolsäurearmer Diät wurden relativ hohe Palmitin- (16:0), Palmitolein- (16:1) und Oleinsäureanteile (18:1) im Eierfett festgestellt. Der Gehalt an Linol- (18:2) und Arachidonsäure (20:4) nahm hingegen stark ab. Unter diesen Verhältnissen konnte auch 5,8,11-Eicosatriensäure (20:3), eine Polyensäure des Oleinsäuretyps, die normalerweise im Ei nicht vorkommt, nachgewiesen werden. Zudem war der Clupanodonsäuregehalt (22:6) des Eierfettes erhöht.
3. Die Verfütterung von linolsäurereichen Futtermischungen (10% Sonnenblumenöl) bewirkte eine starke Zunahme des Linol-(18:2) und Arachidonsäuregehaltes (20:4) des Eierfettes. Ebenfalls wurde die 11, 14-Eicosadiensäure (20:2), die eine Zwischenstufe der Arachidonsäuresynthese aus Linol-

säure (18:2) darstellt, vermehrt vorgefunden. Schliesslich konnten in diesen Eierfetten Docosapolyenfettsäuren vom Linolsäuretyp (18:2-Typ) nachgewiesen werden. Der Palmitin- (16:0), Palmitolein- (16:1) und Oleinsäuregehalt (18:1) in diesen Eierfetten nahm ab, während der Stearinsäuregehalt (18:0) leicht anstieg.

4. Die Verfütterung von Rapsöl führte zu einer leichten Erhöhung des Linolsäuregehaltes (18:2) des Eierfettes. Linolen- (18:3) und Eicosamonoensäure (20:1), die im Rapsöl in grösseren Mengen vorkommen, wurden auch im Ei angereichert. Dagegen trat die Erukasäure (22:1), die im Futterfett reichlich vorhanden ist, im Eierfett nur in geringer Konzentration auf. Es wurden im Ei grössere Mengen von Clupanodonsäure (4,7,10,13,16,19-Docosapentaensäure = 22:6) und Spuren weiterer Polyensäuren vom Linolensäuretyp (18:3 Typ) festgestellt. Der Gehalt des Eierfettes an Polyensäuren vom Linolsäuretyp (18:2-Typ) ging bei Verabreichung von Rapsöl leicht zurück.

5. Wurden der Legehenne mit dem Futter mittellangkettige Fettsäuren (10% Kokosfett) angeboten, so stieg der Gehalt des Eierfettes an Laurinsäure (12:0) nur wenig, derjenige an Myristinsäure (14:0) jedoch stark an. Die Zunahme an Myristinsäure (14:0) erfolgte vor allem zu Ungunsten der Oleinsäure (18:1). Ein Angebot an palmitinsäurereichem Palmöl mit dem Futter führte zu einem gleichbleibenden Palmitinsäuregehalt des Eies, während der Gehalt an Palmitoleinsäure (16:0) abnahm und sich der Oleinsäuregehalt (18:1) etwas erhöhte. Bezüglich des Gehaltes des Eierfettes an Polyenfettsäuren wurden bei Zulage von Kokosfett ähnliche Beobachtungen wie bei der Verfütterung einer fettarmen Futtermischung gemacht.

6. Der Stoffwechsel der Polyenfettsäuren läuft im Legehennenorganismus weitgehend gleich ab wie im Säugetier. Aus der Linolsäure (18:2) des Futters synthetisiert das Huhn mittels Kettenverlängerungs- und Olefinierungsreaktionen die Arachidonsäure (20:4) und weitere Fettsäuren des Linolsäuretyps und akkumuliert sie im Eierfett. Bei einem hohen Linolensäureangebot (18:3) oder einer Linolsäuremangelsituation werden vermehrt arachidonsäureähnliche Fettsäuren vom Linolen- oder Oleinsäuretyps vom Huhn synthetisiert und in das Ei über-

führt. Primär werden vom Huhn für den Aufbau von mehrfach ungesättigten Fettsäuren Linol-(18:2) und in geringerer Masse Linolensäure (18:3) verwendet und nur in extremen Linolsäuremangelsituationen wird Olein- (18:1) oder Palmitoleinsäure (16:1) zum Aufbau ihrer höheren Homologe herangezogen. Zwischen diesen vier Fettsäuren bestehen kompetitive Beziehungen.

RESUME

Nous nous sommes proposé d'étudier l'influence de la nature et du dosage des graisses alimentaires sur les proportions d'acides gras dans l'oeuf. On réalisa, pour cela, trois essais sur pondeuses. Les résultats de ces expériences nous ont permis de tirer certaines conclusions quant au métabolisme gras de la poule. On considéra tout spécialement, parmi les quatre types d'acides gras, le métabolisme des acides polyinsaturés. Les différents acides gras entrant dans la composition des graisses alimentaires et de celles de l'oeuf ont été séparés par chromatographie en phase gazeuse et identifiés d'une part, en spectrographie de masse directement après la séparation chromatographique, d'autre part, avec les "Equivalent chain lengths", méthode d'identification des acides gras insaturés. Les résultats des expériences furent les suivants:

1. Les poules consommant des quantités croissantes de graisses riches en acides gras moyennement longs et en acide linoléique (18:2), les proportions d'acide myristique (14:0) et linoléique dans les graisses de l'oeuf crûrent fortement. Pour une augmentation linéaire du taux de graisses alimentaires, l'accroissement de ces deux acides gras dans l'oeuf fut logarithmique. Les acides myristique (14:0) et linoléique (18:2) bénéficiant d'une représentation accrue, celle des acides palmitique (16:0), palmitoléique (16:1) et oléique (18:1) s'en trouva réduite.
2. Des régimes pauvres en graisse et, parallèlement, pauvres en acide linoléique furent expérimentés. On trouva, alors, dans l'oeuf, des proportions relativement élevées d'acides palmitique (16:0), palmitoléique (16:1), oléique (18:1) mais beaucoup moins d'acides linoléique (18:2) et arachidonique (20:4). Dans les conditions de ces expériences, on put mettre en évidence dans l'oeuf, qui normalement n'en contient pas, de l'acide eicosa-5,8,11-triénoïque (20:3). Il s'agit d'un acide polyéthylénique du type acide oléique. On trouva, aussi, un taux plus élevé d'acide clupanodonique (22:6).

3. Pour une alimentation riche en acide linoléique (10% d'huile de tournesol), les quantités d'acides linoléique (18:2) et arachidonique (20:4) dans les graisses de l'oeuf de trouverent fortement accrues. On observa, également, une augmentation du contenu en acide eicosa-11,14-dienoique (20:2) qui est un des produits intermédiaires du processus de synthèse transformant l'acide linoléique (18:2) en acide arachidonique (20:4). Enfin, nous avons pu trouver, dans les lipides vitellins des acides docosapolyénoïques du type acide linoléique. Quant aux acides palmitique (16:0), palmitoléique (16:1) et oléique (18:1), ils se sont trouvés moins bien représentés dans les lipides de l'oeuf; l'acide stéarique (18:0), par contre, en légèrè hausse.

4. En utilisant l'huile de colza comme composante alimentaire, on provoqua une légèrè hausse du taux vitellin d'acide linoléique (18:2). Les acides linoléique (18:2) et eicosénoique (20:1) qui sont relativement abondants dans l'huile de colza, se sont aussi trouvés en plus fortes propositions dans l'oeuf. Par contre, le taux vitellin d'acide érucique (22:1) fut minime bien que cet acide ait été particulièrement bien représenté dans les lipides alimentaires. On trouva aussi, dans l'oeuf, un pourcentage d'acide clupanodonique (acide docosa-4,7,10,13,16,19-hexaénoique = 22:6) plus élevé, des traces d'autres acides polyéthyléniques du type acide linoléique et une légèrè régression des acides polyéthyléniques du type acide linoléique.

5. Un enrichissement du régime alimentaire en acide gras moyennement longs (10% d'huile de coco) ne se traduit que par une faible augmentation du taux d'acide laurique (12:0). Pour l'acide myristique (14:0) l'augmentation fut plus forte et se fit, surtout, aux dépens de l'acide oléique (18:1). La présence d'huile de palme dans les aliments, huile riche en acide palmitique (16:0), ne modifia pas le taux de cet acide dans l'oeuf. L'acide palmitoléique (16:1) s'en trouva, cependant, diminué et l'acide oléique (18:1) légèrèment augmenté. En ce qui concerne les acides polyéthyléniques des lipides vitellins, on eut les mêmes résultats pour des fourrages pourvus d'huile de coco ou pauvres en lipides.

6. Le métabolisme des acides polyéthyléniques chez les poudeuses est, en grande partie, comparable à celui observé chez les mammifères. En prolongeant les chaînes de l'acide linoléique (18:2) qu'elle trouve dans les aliments et en désaturant, la poule synthétise l'acide arachidonique (20:4) et d'autres acides du type acide linoléique. Elle les accumule, ensuite, dans les lipides de l'oeuf. Quand le régime est riche en acide linoléique (18:3) ou pauvre en acide linoléique (18:2), la poule synthétise des quantités accrues d'acides gras comparables à l'acide arachidonique mais des types acides linoléiques ou oléique. On les retrouve, ensuite, dans l'oeuf. Pour la synthèse des acides gras polyinsaturés, la poule utilise, avant tout, l'acide linoléique (18:2) et, dans un moindre degré, l'acide linoléique (18:3). Les acides oléique (18:1) et palmitoléique (16:1) n'interviennent dans la formation de leurs homologues supérieurs qu'en cas de carence extrême. Les relations qui existent entre ces quatre acides gras sont de nature compétitive.

SUMMARY

The object of this study, involving three trials with laying hens was to investigate the influence of quality and quantity of feed fat on the pattern of fatty acids in the egg yolk fat. The results of these trials gave also indications of the fat metabolism in the hen. The metabolism of the higher unsaturated fatty acids of the four types of fatty acids was of special interest in these trials.

The fatty acids of feed- and egg yolk fat were separated by gas-liquid-chromatography. Their identity was checked either by direct coupling of the gas-liquid-chromatography apparatus to a massspectrometer or by the "equivalent chain lengths" method.

The results can be summarized as follows:

1. The addition of increasing quantities of a fat mixture with a high content of medium chain length fatty acids and linoleic acid (18:2) to the feed led to a pronounced increase of myristic (14:0) and linoleic acid (18:2) in the egg yolk fat. A linear increase of the fat content of the feed caused a logarithmic increase of the two above mentioned fatty acids in the egg. This accumulation of myristic and linoleic acid was accompanied by a decrease of the content of palmitic- (16:0), palmitoleic- (16:1) and oleic acid (18:1) in the egg yolk.
2. When practically fatless and therefore linoleic acid (18:2) deficient diets were fed, relatively high amounts of palmitic- (16:0), palmitoleic- (16:1) and oleic acid (18:1) were found in the egg yolk fat, whereas the content of linoleic-(18:2) and arachidonic acid (20:4) decreased significantly. The 5,8,11-eicosatrienoic acid (20:3), a polyenoic acid of the oleic acid type, which is not part of the normal pattern of fatty acids in the egg could be found under the above described feeding conditions. Furthermore the content of clupanodonic acid (22:6) in the egg yolk was also increased.
3. The feeding of feeds rich in linoleic acid (18:2) (10% sunflower oil) brought about a considerable increase in the content of linoleic- and arachidonic acid (20:4) in the egg yolk. The 11,14-eicosadienoic acid (20:2), a intermediary

in the synthesis of arachidonic acid (20:4) from linoleic acid (18:2) was also found in increasing quantities. In these egg yolks the content of palmitic-(16:0), palmitoleic-(16:1) and oleic acid (18:1) decreased, whereas the content of stearic acid (18:0) showed a slight increase.

4. The content of linoleic acid (18:2) in the egg yolk increased slightly, when a diet with 10% rape oil was fed. Linolenic-(18:3) and eicosaenoic acid (20:2), i. e. fatty acids of rape oil, also showed a similar increase but the concentration of erucic acid (22:1), the major fatty acid of rape oil, was found to present in only small amounts in these eggs. Considerable concentrations of clupanodonic acid (22:6) and traces of some other polyunsaturated fatty acids of the linolenic acid type were also found in the yolks of this group. The concentration of fatty acids of the linoleic type was reduced when rape oil was fed.

5. The effect of a diet rich in middle long chain fatty acids (10% cocosfat in the diet) was to increase slightly the content of lauric acid (12:0) and very considerably that of myristic acid (14:0) in the yolk fat. Concurrently the oleic acid (18:1) content was reduced. Palmoil with a high content of palmitic acid (16:0) did not alter the content of palmitic acid in the egg but reduced the content of palmitoleic (16:1) and increased the content of oleic acid (18:1). The effect of the addition of cocosfat on the content of polyunsaturated fatty acids was similar to the one caused by the feeding of a fat deficient diet.

6. The metabolism of polyunsaturated fatty acids of the hen is similar to that of the mammals. Arachidonic acid (20:4) and other fatty acids of the linoleic acid type are synthesized from linoleic acid (18:2) of the diet by way of chain lengthening and desaturation and accumulated in the yolk fat. Linoleic acid (18:2) deficiency or a high level of linolenic acid (18:3) in the diet leads to the synthesis of arachidonic acid like fatty acids. For the synthesis of higher unsaturated fatty acids the hen uses primarily linoleic acid (18:2) and secondly to a smaller extent also linolenic acid (18:3). It is only in situations of extreme linoleic acid deficiency, that the hen uses oleic (18:1) or palmitoleic acid (16:1) to build their higher homologues. There are competitive relationships between these four fatty acids.