

IMPACT D'UNE MANIPULATION THERMIQUE PENDANT L'EMBRYOGENESE SUR LA PRODUCTION DE FOIE GRAS DES CANARDS MULARDS

**William Massimino¹, Stéphane Davail¹, Marie-Dominique Bernadet², Tracy Pioche¹,
Karine Ricaud¹, Karine Gontier¹, Cécile Bonnefont³, Hélène Manse³, Mireille Morisson³,
Anne Collin⁴, Stéphane Panserat¹, Marianne Houssier¹**

¹INRA, Univ Pau & Pays Adour, E2S UPPA, UMR 1419, Nutrition, Métabolisme,
Aquaculture, F-64310 SAINT PEE SUR NIVELLE,

²UE-PFG-UE89, Centre INRA Bordeaux-Aquitaine, (Unité Expérimentale sur les Palmipèdes
à Foie Gras), Domaine d'Artiguères, 1076, route de Haut Mauco, F-40280 BENQUET,

³GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, F-31326 CASTANET TOLOSAN

⁴UMR-BOA, Centre INRA Val de Loire, F-37380 NOUZILLY

william.massimino@univ-pau.fr

RÉSUMÉ

Différentes études ont montré que des événements survenus très tôt dans la vie d'un animal pouvaient avoir des effets de « programmation » sur la physiologie de l'adulte. L'exposition d'embryons de volaille à des températures d'incubation élevées améliore leur capacité de survie lors de pics de chaleur à l'âge adulte. Récemment, il a été démontré que la manipulation thermique embryonnaire (MT) avait un impact sur le développement musculaire et le métabolisme hépatique chez les canards Pékin. Dans cette étude, notre objectif était de mesurer l'impact d'une élévation de la température d'incubation sur le développement, la croissance et les performances des canards mulards, principalement utilisés pour la production de foie gras. Nous avons testé trois modalités expérimentales d'augmentation de la température dans l'incubateur sur des embryons de canards mulards, parallèlement un groupe témoin était maintenu à température constante tout au long de l'embryogenèse. Une éclosion plus précoce a été observée pour tous les groupes soumis à une MT (1 jour d'avance en moyenne). Des changements significatifs de la température et du poids corporels ont été mesurés à l'éclosion et tout au long de l'élevage. Enfin, le gavage a entraîné une augmentation significative du poids vif, des muscles de la cuisse, du tissu adipeux et du foie dans tous les groupes traités, tandis qu'une MT embryonnaire augmentait de manière significative le poids de graisse abdominale (jusqu'à +13,3% ; P=0,0001) et du foie (jusqu'à +16,9% ; P<0,0001), par rapport au groupe contrôle (sans MT) gavé. Ces résultats suggèrent que la MT embryonnaire peut améliorer la production de foie gras chez le canard mulard, mais ses effets potentiels sur l'éclosabilité doivent être approfondis.

ABSTRACT

Impact of embryonic thermal manipulation on fatty liver production in mule ducks

Previous studies have shown that very early life events could have programming effects on adult physiology. Exposing poultry embryos to higher incubation temperatures improve their survival capacity to thermal challenge in adulthood. Recently, embryonic thermal manipulation (TM) has been shown to impact muscle development and hepatic metabolism in Pekin ducks. In this study, we aimed to test whether rising incubation temperature has an impact on development, growth and zootechnical performances in mule ducks, mainly used for fatty liver production. Different thermal incubation conditions were applied during embryogenesis on mule duck eggs with three TM groups and one control, for which the temperature was maintained stable throughout. A faster embryonic and growth development was observed for all TM groups. Significant changes in body temperature and body weight were measured at hatching time and throughout the breeding period. Finally, overfeeding induced significant increase of live body weight, leg muscle, fat, and liver weights in all groups, while embryonic TM significantly increased abdominal fat and liver weights compared to control overfed group. These results suggest that embryonic TM can improve fatty liver production in male mule ducks, nevertheless potential deleterious effects on eclosability need to be explored further.

INTRODUCTION

La production de foie gras nécessite de soumettre les canards à une période de gavage, principalement avec du maïs. Cette alimentation riche en glucides stimule la lipogenèse *de novo* et induit une stéatose hépatique (Saadoun and Leclercq, 1987; Hermier *et al.*, 1991; Fernandez *et al.*, 2011). À la fin de la période de gavage le poids de foie est généralement multiplié par 10 avec plus de 50% de lipides, alors que ceux-ci ne représentent que 5% chez les canards non-gavés. Les pressions sociétales se faisant de plus en plus fortes, les travaux scientifiques s'orientent vers la recherche d'alternatives au gavage ou de réduction de la durée de la période de gavage. C'est donc dans l'optique d'améliorer la production de foie gras tout en respectant le bien-être animal que nous avons réalisé cette étude.

L'embryogenèse, étant extracorporelle chez les volailles, est donc facilement affectée par les facteurs environnementaux. La température est considérée comme l'un des facteurs les plus influents sur le développement embryonnaire, l'éclosion et la croissance post-embryonnaire chez l'oiseau (DuRant *et al.*, 2011; Yahav and Brake, 2014; Li *et al.*, 2017;). Au cours des 50 dernières années, l'augmentation de la productivité résultant de la génétique, la nutrition et de l'amélioration dans la gestion d'ambiance ont permis de réduire considérablement le temps nécessaire pour atteindre le poids du marché chez les poulets de chair (Zuidhof *et al.*, 2014). Malheureusement, ces améliorations des performances de croissance ont été effectuées au détriment des capacités cardiovasculaire et respiratoire des oiseaux, entraînant une sensibilité accrue aux stress thermiques, provoqués par des températures et une humidité élevées (Renaudeau *et al.*, 2012; Terim Kapakin *et al.*, 2013). Il a été montré que les poulets s'adaptent mieux au stress thermique pendant l'élevage si des manipulations de la température et de l'humidité sont appliquées au cours de la période précédant l'éclosion (Decuyper and Bruggeman, 2007; Renaudeau *et al.*, 2012). Ainsi la manipulation thermique embryonnaire améliore la thermo-tolérance du poulet de chair sans modifier le développement de l'embryon et réduit de 50% la mortalité lors d'une exposition à la chaleur aigue (Piestun *et al.*, 2008a). En outre, une augmentation de 1,7°C pendant 12h/24h, du 7^{ème} jour de développement embryonnaire (E7) à E16 induit une augmentation du poids de filet (+1%) chez le poulet (Piestun *et al.*, 2013), parallèlement à une diminution du taux de gras abdominal (Loyau *et al.*, 2013), tandis qu'une augmentation de 1°C pendant 4 jours lors des premiers stades d'incubation conduit à d'avantage de fibres musculaires à l'éclosion chez la dinde (Ashton *et al.*, 2005). Cette manipulation, également définie comme une « programmation thermique », fait partie du processus plus vaste de « programmation » basé sur les changements permanents causés par diverses manipulations de l'environnement au cours d'une période critique caractérisée par une grande plasticité des systèmes de

commande physiologiques (Decuyper and Bruggeman, 2007; Willemsen *et al.*, 2010). Ces résultats indiquent que la programmation embryonnaire peut avoir un effet physiologique à long terme et induire des gains potentiels en poids vifs intéressants économiquement.

Très peu de données relatives à l'effet des MT embryonnaires sont disponibles chez les canards. Des résultats obtenus chez le canard Pékin montrent une inhibition du développement des muscles du *pectoralis major* pendant l'embryogenèse ainsi qu'à l'éclosion, après une augmentation de 1°C en fin d'incubation (Li *et al.*, 2017). Néanmoins, l'augmentation de la température d'incubation de 1°C 24h/24 pendant les jours embryonnaires E11 à E24 entraîne une augmentation du poids du foie deux semaines après l'éclosion (Liu *et al.*, 2015) et une augmentation de l'activité et de l'expression de la FAS (fatty acid synthase) hépatique qui est une enzyme impliquée dans la lipogenèse (Wang *et al.*, 2014). Ces résultats suggèrent que la manipulation thermique embryonnaire chez les canards Pekin pourrait améliorer le stockage des lipides dans le foie, au moins à court terme. À notre connaissance, aucune donnée n'est disponible sur des manipulations thermiques embryonnaires chez le canard mulard génotype connu pour présenter un engraissement principalement hépatique (Chartrin *et al.*, 2006). Cette étude vise à déterminer les effets de la manipulation thermique embryonnaire chez le canard mulard afin de mesurer son impact sur le métabolisme du foie et la production de foie gras.

1. MATERIELS ET METHODES

Le protocole mis en place a reçu un avis favorable du comité d'éthique du Grand Sud-Ouest (n°73) sous la référence du dossier 201805250850236-v3.

1.1. Dispositif expérimental

Pour cette étude nous avons utilisé 2000 œufs de canards mulards de type génétique H85 provenant de la société Grimaud Frères Sélection (3 la corbière – Roussay, 49450 Sèvremoine, France). Ces œufs ont été répartis dans 4 incubateurs différents de l'Unité Expérimentale des Palmipèdes à Foie Gras (INRA, UEFG), correspondant à 4 modalités expérimentales (500 œufs/groupe) : un groupe contrôle et 3 groupes manipulés thermiquement (MT). Les conditions d'incubation des 4 groupes expérimentaux ont été : T1 (contrôle) : incubation à température (37,6°C, 24h/24h) et hygrométrie (47%) constantes pendant toute la durée d'incubation ; groupe T2 : incubation à 38,6 °C 24h/24h de E13 à E27 ; groupe T3 : incubation à 38,6°C 16h/24h de E13 à E27; et groupe T4 incubation à 39,1°C 16h/24h de E13 à E27. L'hygrométrie a été ajustée à 63% pour les 3 groupes MT. Les canetons ont été identifiés à l'éclosion par une bague alaire et répartis dans 8 loges à raison de 2 loges par groupe et de 100 animaux par loge. Les animaux ont été nourris *ad libitum* avec un aliment de démarrage de 0 à 4 semaines d'âge (EMA 2800 Kcal,

17,5% PB), puis avec un aliment de croissance de 4 à 8 semaines d'âge (EMA 2800 Kcal, 15,5% PB). A partir de la 8^{ème} semaine, un rationnement horaire est pratiqué pour la période de finition jusqu'à la mise en gavage avec une distribution *ad libitum* 1h/jour. A l'âge de 12 semaines, les canards prêts à gaver (PAG) ont été placés en cages collectives pour un gavage en 21 repas, avec 53% de mix (98% maïs) et 47 % d'eau.

1.2. Mesures

La consommation alimentaire par loge, la température corporelle, le poids vif individuel des animaux et l'éclosabilité ont été relevés à l'éclosion, puis toutes les 2 semaines, jusqu'à l'abattage après gavage. A 15 jours d'élevage, 30 mâles par traitements ont été prélevés aléatoirement et abattus pour réaliser des mesures anatomiques. La cuisse droite, le foie, le *pectoralis major* et le gras abdominal ont été prélevés et pesés. Avant gavage (J83), 40 animaux (choisis aléatoirement) par groupe ont été abattus, puis 52 après gavage (J95) pour réaliser les mêmes analyses.

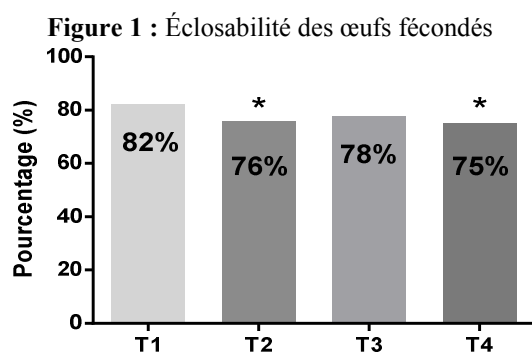
1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel GraphPad Prism 6.01. Un test de Chi² a été utilisé pour l'analyse statistique des résultats d'éclosabilité. Les autres données zootechniques et anatomiques ont fait l'objet d'une analyse de variance à un facteur (ANOVA). Lorsque les effets des facteurs étaient significatifs, les comparaisons de moyennes 2 à 2 ont été réalisées au moyen du test de Tukey.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

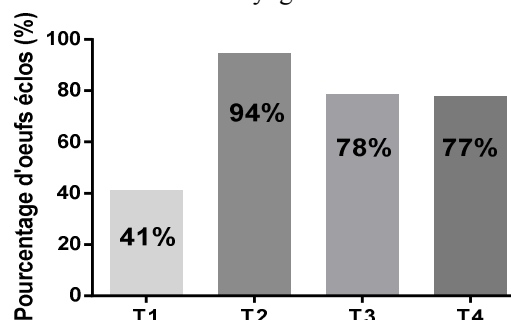
2.1 Résultats d'éclosion

Une modification de la température d'incubation peut avoir un impact très différent sur l'éclosabilité, selon la période, la durée ou le degré de variation (Collin *et al.*, 2005; Piestun *et al.*, 2008a, 2008b). Dans cette étude, nous mesurons une diminution significative du taux d'éclosion pour les 2 groupes ayant subi les plus fortes manipulations thermiques (76% et 75% pour T2 et T4 respectivement contre 82% chez les contrôles), mais nous n'observons pas de diminution significative dans le groupe T3 (Figure 1). Ces résultats confirment des résultats antérieurs (Piestun 2008) indiquant qu'une augmentation continue de la température durant toute la période d'incubation affecte plus l'éclosabilité qu'une augmentation discontinue.



Nos résultats suggèrent également que les canards seraient plus sensibles que les poulets à une augmentation modérée de la température d'incubation. Par ailleurs, 70 à 95% des animaux ayant subi une manipulation thermique sont éclos au 29^{ème} jour d'embryogenèse, contre seulement 40% pour le groupe contrôle (figure 2). Ce résultat confirme que l'augmentation de la température d'incubation accélère le développement embryonnaire (Durant 2013). Cette étude contribuera à perfectionner les conditions de manipulation thermique pour assurer une éclosion optimale dans ce modèle.

Figure 2 : Éclosion des œufs au 29^{ème} jour d'embryogenèse



2.2 Performances zootechniques en condition d'élevage et de gavage

L'évolution de la température corporelle externe des canards, de l'éclosion jusqu'en fin de gavage, est présentée dans le tableau 1. Nous observons une baisse significative de la température chez les trois groupes MT comparés au groupe contrôle, depuis l'éclosion jusqu'au 59^{ème} jours d'âge. Ces premiers résultats chez le canard confirment ceux de nombreuses études obtenus chez les poulets, relevant une baisse moyenne de température de 0,2°C jusqu'à 28 jours post-éclosion (Loyau *et al.*, 2015). En fin de gavage, plus aucune différence de température corporelle n'est observée. L'impact du gavage sur le métabolisme est très important et pourrait induire une augmentation de la thermogénèse (Guéméné *et al.*, 2006), ce qui pourrait expliquer une stabilisation de la température corporelle pour tous les groupes.

L'évolution des poids vifs des canards mulards des 4 groupes du 1^{er} au 95^{ème} jour est présenté sur le tableau 2. Nous observons une diminution significative du poids vif moyen des canetons à l'éclosion pour les 3 groupes ayant subi une MT par rapport au groupe contrôle, comme précédemment rapporté chez le poulet (Al-Rukibat *et al.*, 2017; Zaboli *et al.*, 2017). Cependant, dès la deuxième semaine les canetons des 3 groupes ayant subi une MT ont compensé la différence de poids vif initiale, puis excède celui des contrôles entre J45 et J59. Les différences s'estompent totalement au moment de la mise en gavage. Cette augmentation de poids vif pendant l'élevage pourrait être liée à une croissance musculaire plus rapide du *pectoralis major*, dont nous avons mesuré une augmentation dans deux des groupes traités à deux semaines d'âge (Tableau 3).

Tableau 1. Moyenne et écart-types de la température corporelle externe par jours et par traitement

Température moyenne (°C)	J1	J31	J45	J59	J70	J83	J95
Nombre d'animaux	123-150	94-96	94-96	92-95	90-95	90-95	48-52
Contrôle	39,03 ± 1,10	35,24 ± 1,41	33,75 ± 1,92	33,34 ± 1,68	31,91 ± 1,55	34,76 ± 1,53	34,81 ± 1,18
+1°C 24h/24h, (E13 à E27)	38,58 ± 0,73 (***)	35,42 ± 1,16 (ns)	32,48 ± 2,26 (***)	31,03 ± 1,86 (****)	31,36 ± 1,86 (ns)	34,93 ± 1,95 (ns)	35,05 ± 0,94(ns)
+1°C 16h/24h, (E13 à E27)	38,56 ± 0,55 (***)	35,19 ± 1,24 (ns)	31,77 ± 2,19 (****)	30,50 ± 1,63 (****)	31,96 ± 1,73 (ns)	34,85 ± 2,12 (ns)	34,72 ± 1,43 (ns)
+1,5°C 16h/24h, (E13 à E27)	38,20 ± 0,46 (***)	35,39 ± 1,30 (ns)	32,26 ± 2,32 (****)	30,64 ± 1,67 (****)	32,51 ± 1,42 (*)	33,99 ± 2,77 (*)	34,68 ± 1,43 (ns)

*, **, ***, **** : Effet significatif respectivement à P<0,05 ; <0,01 ; <0,001 ; <0,0001

Tableau 2. Moyenne et écart-types du poids vif des canards mulards par jours et par traitement

Poids vif moyen (g)	J1	J31	J45	J59	J70	J83	J95
Nombre d'animaux	123-150	94-96	94-96	92-95	90-95	90-95	48-52
Contrôle	48,16 ± 3,60	1669 ± 130	2622 ± 218	3684 ± 285	4167 ± 343	4562 ± 378	6102 ± 391
+1°C 24h/24h, (E13 à E27)	42,60 ± 4,82 (****)	1713 ± 158 (ns)	2824 ± 235 (****)	3943 ± 322 (****)	4351 ± 373 (***)	4683 ± 400 (ns)	6183 ± 405 (ns)
+1°C 16h/24h, (E13 à E27)	44,70 ± 3,79 (****)	1646 ± 136 (ns)	2770 ± 223 (****)	3808 ± 278 (*)	4181 ± 317 (ns)	4522 ± 366 (ns)	6144 ± 405 (ns)
+1,5°C 16h/24h, (E13 à E27)	43,88 ± 4,55 (****)	1719 ± 161 (ns)	2760 ± 254 (***)	3865 ± 296 (***)	4240 ± 330 (ns)	4576 ± 392 (ns)	6127 ± 448 (ns)

*, **, ***, **** : Effet significatif respectivement à P<0,05 ; <0,01 ; <0,001 ; <0,0001

Ces données confirment les résultats déjà observés chez le poulet et le canard révélant une augmentation du poids de muscle (Piestun *et al.*, 2011, 2013; Loyau *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2015). En revanche, nous n'avons observé aucune différence de poids du foie à 15 jours post-éclosion. Lors de la mise en gavage, un groupe traité présente encore une augmentation du poids de muscle pectoral (T2), et deux d'entre eux une augmentation du gras abdominal (T2 et T4, Tableau 3). Comme attendu, le gavage induit une prise de poids significative pour le gras abdominal, la cuisse et le foie, dans les quatre groupes. Le gain de poids corporel et l'indice de consommation pendant la période de gavage n'étaient pas significativement différents (non montrés). Après gavage, la MT induit une augmentation significative du poids de gras abdominal pour tous les groupes MT (Tableau 3). De façon plus intéressante, la manipulation thermique embryonnaire augmente significativement le poids des foies gras pour les 3 groupes MT par rapport au groupe contrôle, jusqu'à +16,9% pour le groupe avec l'augmentation de température la plus élevée (T4). Cette augmentation est corrélée à une augmentation du contenu lipidique dans les trois groupes MT (+2,5 à 3%, données non montrées), ce qui peut expliquer un taux de fonte plus élevé pour deux d'entre eux (Tableau 3). Ces résultats suggèrent donc qu'une modification de la température d'incubation pendant l'embryogenèse pourrait effectivement moduler le métabolisme énergétique chez le canard adulte,

ouvrant la voie à une nouvelle procédure simple et peu coûteuse pour la filière de production de foie gras.

CONCLUSION

Les résultats obtenus lors de cette étude ont permis de mettre en évidence un impact de la modification de température lors de l'embryogénèse sur la physiologie des canards mulards, avec comme principal résultat une augmentation du poids de foie gras après gavage chez tous les groupes ayant subi une manipulation thermique embryonnaire. Ces résultats pourraient être très encourageants pour la filière et ouvrent désormais un nouveau champ d'étude afin de déterminer les mécanismes mis en jeu lors d'une manipulation thermique. Les conditions de programmation devront néanmoins être optimisées afin de limiter les impacts négatifs sur l'éclosabilité et le taux de fonte.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (CIFOG, Conseil départemental des landes), et l'ensemble du personnel de l'Unité Expérimentale sur les Palmipèdes à Foie Gras qui a participé activement à ce travail.

Tableau 3 : Composition corporelle à J15, avant (J83) et après (J95) gavage en fonction du traitement thermique

	T1 (contrôle)	T2 (+1°C, 24h/24h, E13 à E27)	T3 (+1°C, 16h/24h, E13 à E27)	T4 (+1,5°C, 16h/24h, E13 à E27)
Dissection à J15 (n=28-31)				
Poids de corps (n=122-151)	481,5 ± 50,4	495,2 ± 75,8	482,4 ± 55,5	506,9 ± 73,7
Poids du foie (g)	31,84 ± 6,79	31,22 ± 8,19	30,42 ± 5,89	34,64 ± 6,05
Poids du <i>pectoralis major</i> (g)	3,20 ± 0,70 a	3,73 ± 0,82 b	3,31 ± 0,92 a	3,75 ± 0,82 b
Poids du gras abdominal (g)	1,21 ± 0,76	1,16 ± 0,64	1,18 ± 0,96	1,22 ± 0,82
Poids de la cuisse (g)	29,93 ± 3,97	29,98 ± 5,24	30,25 ± 4,38	31,20 ± 4,91
Dissection avant gavage (n=36-38)				
Poids carcasses ressué	3541 ± 258 a	3715 ± 267 b	3592 ± 231 a	3653 ± 278 a
Poids du foie (g)	82,94 ± 12,15	83,61 ± 10,06	81,18 ± 10,42	85,03 ± 11,05
Poids du <i>pectoralis major</i> (g)	290,1 ± 27,6 a	306,8 ± 22,2 b	299,4 ± 25,7 a	297,1 ± 27,5 a
Poids du gras abdominal (g)	55,72 ± 23,88 a	72,86 ± 23,74 b	65,11 ± 23,59 a	69,83 ± 21,93 b
Poids de la cuisse (g)	343,8 ± 32,9	350,8 ± 35,5	341,7 ± 29,6	352,3 ± 33,2
Dissection après gavage (n=47-52)				
Poids carcasses ressué	5163 ± 329	5275 ± 325	5200 ± 281	5208 ± 433
Poids du foie (g)	449,1 ± 70,2 a	491,6 ± 96,9 b	494,8 ± 80,8 b	525,0 ± 96,2 c
Poids du <i>pectoralis major</i> (g)	300,1 ± 32,7	303,0 ± 35,2	303 ± 26,6	302,4 ± 31,5
Poids du gras abdominal (g)	173,6 ± 21,1 a	196,7 ± 33,9 b	189,2 ± 23,8 b	195,2 ± 30,0 b
Poids de la cuisse (g)	497,0 ± 43,4	495,4 ± 47,4	491,6 ± 41,5	491,6 ± 48,5
Taux de fonte (%)	24,23 ± 12,28 a	32,30 ± 12,28 b	28,87 ± 13,65 a	30,91 ± 13,04 b

a, b, c : sur une même ligne, les moyennes affectées d'au moins une lettre en commun ne diffèrent pas significativement (p<0,05), Moyenne ± écart-type

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al-Rukibat, R.K., Abu-Basha, E.A. 2017. Poult. Sci. 96, 234–240.
- Ashton, C., Stickland, N., 2005. Arch Tierz Dummerstorf 48, 04–10.
- Chartrin, P., M.J., Baéza, E., 2006. Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol. 145, 413–418.
- Collin, A., Yahav, S., 2005. Anim. Res. 54, 105–111.
- Decuyper, E., Bruggeman, V., 2007. Poult. Sci. 86, 1037–1042.
- DuRant, S.E., Hepp, G.R., 2011. Physiol. Biochem. Zool. 84, 451–457.
- Fernandez, X., M.D., Manse, H., 2011. Poult. Sci. 90, 2360–2369.
- Guémené, D., Faure, J.-M., 2006. Anim. Res. 55, 443–458.
- Hermier, D., Sellier, N., Rousselot-Paillet, D., Chapman, M.J., 1991. Lipids 26, 331–339.
- Li, X., Wang, J., 2017. J. Therm. Biol. 70, 37–45.
- Liu, H., Wang, J., 2015. J. Therm. Biol. 53, 80–89.
- Loyau, T., Collin, A., 2015. Animal 9, 76–85.
- Loyau, T., Yahav, S., 2013. J. Anim. Sci. 91, 3674–3685.
- Piestun, Y., Yahav, S., 2013. Poult. Sci. 92, 1155–1163.
- Piestun, Y., Yahav, S., 2011. J. Therm. Biol. 36, 469–474.
- Piestun, Y., Yahav, S., 2008a. Poult. Sci. 87, 1516–1525.
- Piestun, Y., Yahav, S., 2008b. J. Therm. Biol. 33, 413–418.
- Renaudeau, D., Collier, R.J., 2012. Animal 6, 707–728.
- Saadoun, A., Leclercq, B., 1987. J. Nutr. 117, 428–435.
- Terim Kapakin, K.A., Saglam, Y.S., 2013. Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.
- Wang, G., Liu, H., 2014. J. Therm. Biol. 43, 40–45.
- Willemsen, H., Everaert, N., 2010. Poult. Sci. 89, 2678–2690.
- Yahav, S., Brake, J., 2014. J. Stem Cells 9, 17.
- Zaboli, G.-R., A., Mehri, M., 2017. Poult. Sci. 96, 478–485.
- Zuidhof, M.J., Robinson, F.E., 2014. Poult. Sci. 93, 2970–2982.