

Utilisation de la technique d'impédance bioélectrique (IBE) pour déterminer la composition corporelle des lapins en croissance

A.SAIZ¹, A.I.GARCÍA-RUIZ¹, S.CHAMORRO¹, C.ALFONSO¹, N.NICODEMUS²

¹Trouw Nutrition R&D Poultry Research Centre, 45950, Casarrubios del Monte, Spain

²Departamento de Producción Agraria, E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, Spain

Résumé – L'objectif de cette étude était d'estimer *in vivo* les compositions corporelles de lapins en croissance de 25 à 77 jours d'âge par impédance bioélectrique (IBE). Des animaux (n=150) répartis en 5 groupes d'âge différents (25, 35, 49, 63 et 77 jours) et ayant un poids compris entre 231 et 3138 g ont été utilisés. Un appareil d'analyse de la composition corporelle (Modèle BIA-101, RJL Systems, Detroit, MI USA) a été utilisé pour déterminer les valeurs de résistance et de réactance. La distance interne entre les électrodes, la longueur et le poids des animaux ont également été mesurés. L'ensemble des animaux a été abattu et transformé pour procéder aux analyses chimiques (matière sèche –MS–, lipides, protéines, cendres et énergie). Les teneurs corporelles en énergie et en matières grasses augmentent avec l'âge, tandis que celles de protéines, de cendres et d'humidité diminuent. Une régression linéaire multiple a été appliquée pour déterminer les équations de prédictions avec comme variables indépendantes l'âge, le poids et la longueur des animaux ainsi que les données d'impédance. Pour une humidité corporelle exprimée en pourcentage (%), le coefficient de détermination (R^2) et l'erreur moyenne relative de prédiction (EMRP) étaient de 0,85% et 1,98% respectivement. Ces valeurs pour les prédictions de la teneur en protéines corporelles (% MS), matière grasse (% MS), cendres (% MS) et énergie (kJ/100g MS) étaient pour les R^2 de 0,79; 0,83; 0,71 et 0,86; et pour la EMRP: 4,78%; 12,2%; 8,39% et 3,26%, respectivement. On peut donc conclure que la méthode IBE est une méthode non invasive efficace pour estimer *in vivo* la composition corporelle des lapins en croissance âgés de 25 à 77 jours et ayant un poids moyen compris entre 230 et 3200 g.

Abstract – The aim of this study was to estimate the *in vivo* body of growing rabbits from 25 to 77 days of age by the bioelectrical impedance analysis (BIA). Two hundred twenty five animals grouped at 5 different ages (25, 35, 49, 63 and 77 days) were used. A four terminal body composition analyser (Model BIA-101, RJL Systems, Detroit, MI USA) was used to determine resistance and reactance values. The distance between internal electrodes, length and weight of the body were also measured. All the animals were slaughtered and processed for chemical analyses (dry matter, lipids, proteins, ash and energy). Body energy and fat content increased with the age, while protein, ash, and humidity decreased. A multiple linear regression analysis was done to determinate the equations, using weight, age, length of animals, and the impedance data as independent variables. When body humidity was expressed as percentage (%), the coefficient of determination (R^2) and relative mean prediction error (RMPE, %) were 0.85 and 1.98 %, respectively. When the prediction of the body content of protein (% DM), fat (% DM), ash (% DM) and energy (kJ/100g DM) were done, R^2 values were 0.79, 0.83, 0.71 and 0.86, and RMPE: 4.78, 12.2, 8.39 and 3.26%, respectively. It could be concluded that BIA it's a non-invasive technique and good method to estimate *in vivo* body of growing rabbits from 25 to 77 days of age.

Introduction

La détermination *in vivo* de la composition corporelle de lapins en croissance pourrait être intéressante pour étudier les variations de la composition corporelle dans le temps, déterminer la rétention des nutriments sans sacrifier les animaux et pour déterminer si le programme d'alimentation utilisé est optimisé. L'estimation de la composition chimique des animaux par impédance bioélectrique (BIA) a été utilisée avec succès pour prédire la composition corporelle *in vivo* chez le porc (Swantek et al, 1992, 1999, Daza et al, 2006), les ovins (Berg y Marchelo, 1994) et les bovins (Marchelo et Slinger, 1994; Velasco et al, 1999). Des travaux publiés récemment chez les lapines reproductrices (Pereda et al., 2007a, 2007b, Nicodemus et al., 2009) ont montré que la technique d'impédance bioélectrique (BIA) peut être considérée comme une méthode pratique, rapide et simple pour

prédire leur composition corporelle. Par conséquent, l'objectif de cette étude était de déterminer l'utilité de la technique BIA pour l'estimation de la composition corporelle chez les lapins en croissance de 25 à 77 jours d'âge.

1. Matériel et méthodes

1.1. Procédure expérimentale

Un total de 150 lapins hybrides de race Néo-Zélandais x Californien a été utilisé. Les animaux ont consommé un aliment commercial formulé pour les lapines reproductrices (aliment C: Super Cunilactal, Nanta SA, Espagne) jusqu'au sevrage (35 jours). Par la suite, les animaux ont été logés dans des cages individuelles et nourris *ad libitum* avec deux aliments qui différaient par leur taux de matières grasses (aliment A avec 1,5 % vs aliment B avec 4% d'huile

de soja) dans le but d'augmenter la variabilité entre les animaux. La composition chimique des aliments est présentée dans le Tableau 1.

Tableau 1: Composition chimique des aliments (% brut sauf pour l'énergie).

	C	A	B
Energie digestible (kcal/kg)	2450	2463	2677
Mat. Grasses	3,30	3,55	5,85
ADF	17,6	18,5	18,4
Protéines brutes	17,1	14,2	13,7
Cendres	7,31	8,87	8,76
Humidité	10,3	10,1	9,50

1.2. Mesures

À 25, 35, 49, 63 et 77 jours 30 animaux ont été choisis pour effectuer des mesures d'impédance et sacrifiés après la mesure. La réactance et la résistance ont été mesurées en double en utilisant une aiguille piquée à travers la peau et reliée aux quatre électrodes de l'appareil Quantum II (modèle BIA-101, RJL Systems, Detroit, MI USA). Par la suite, l'impédance et la résistance subit par le courant électrique lors de son passage à travers le corps de l'animal a été calculé : $\text{Impédance} = (\text{résistance}^2 + \text{réactance}^2)^{1/2}$. La distance entre les électrodes internes, la longueur et le poids de l'animal ont également été mesurés à chacun des âges. Les animaux ont été euthanasiés avec du CO₂ et conservés à -20°C avant analyse chimique. Les lapins ont été broyés entiers, y compris la peau et les viscères. Un échantillon a été prélevé le jour du broyage pour déterminer la teneur en eau de l'animal. Un autre échantillon a été lyophilisé et broyé dans un broyeur centrifuge à 1 mm pour une analyse chimique ultérieure selon les procédures décrites par l'AOAC: matière sèche (934,01), protéines brutes (méthode Dumas N x 6,25), cendres (942,05), graisses (RD 609/1999 n° 4, après hydrolyse acide). Pour mesurer l'énergie brute (EB), une bombe calorimétrique adiabatique a été utilisée. Dix autres lapins de 25, 35, 49, et 63 et 77 jours d'âge appartenant à un lot différent et avec un poids moyen compris entre 360 et 2730 g, ont été traités de la même manière que celle décrite ci-dessus, pour servir de groupe de validation.

1.3. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le programme statistique SAS /S TAT (Statistique Systems Institute Inc., Cary, NC, 1999). Pour étudier l'évolution linéaire et quadratique de la composition chimique des lapins avec l'âge la procédure PROC GLM a été utilisée. Pour obtenir les équations, les données de composition chimique analysées, l'âge, le poids, la longueur des lapins et les mesures d'impédance à 25, 35, 49, 63 et 77 jours d'âge ont été utilisés. Les valeurs de ces variables ont été

présentées dans des travaux antérieurs (Saiz et al., 2011). La sélection du modèle pour prédire la composition corporelle des lapins a été faite en utilisant la procédure PROC REG utilisant l'option RSQUARE. Le modèle choisi a été celui dont le paramètre statistique Cp (Mallovs, 1973) était inférieur ou égal à p+1, p étant le nombre de variables indépendantes incluses dans le modèle, et celui qui présentait les valeurs minimales des paramètres statistiques Jp, Sp (Hocking, 1976), PC et AIC (Amemiya, 1980). Une fois que le modèle est sélectionné, les équations de prédiction ont été calculées par analyse de régression multiple en utilisant la procédure PROC REG. Les coefficients de corrélation entre les mesures obtenues par IBE et la composition corporelle, le poids, l'âge et la longueur des animaux ont été calculés en utilisant PROC CORR. Pour savoir si les équations obtenues prédisaient les paramètres analysés d'une façon précise, une validation avec des données indépendantes a été réalisée pour obtenir l'erreur moyenne de prédiction (EMP). Cet erreur a été calculée comme la somme des carrés des résidus calculés par différence entre les valeurs analysées et la composition corporelle prédite avec les équations obtenues, divisé par le nombre d'observations. L'erreur relative de prédiction (ERP) a été calculée en divisant l'EMP par la valeur moyenne du paramètre à estimer. Ensuite, L'EMP divisée par la valeur moyenne du paramètre à estimer a été réalisée pour obtenir l'erreur moyenne relative de prédiction (EMRP).

2. Résultats et discussion

2.1. Composition corporelle

Le poids vif des 150 animaux utilisés pour obtenir les équations de prédiction était compris entre 231 et 3138 g. La composition chimique moyenne était de 70,5±3,36% d'eau, 54,9±5,42 de protéines, 11,1±1,55 de cendres, 27,7±7,61 de matières grasses et de 2167±183 kJ d'énergie/100g MS, et de 1002 ± 545 g d'eau, 46,6 ± 26,6 g de protéines, 234 ± 139 g de cendres, 146 ± 129 de matières grasses, et 10,7 ± 8,01 MJ par animal. Les valeurs moyennes des mesures de résistance, réactance, impédance, longueur de l'animal et distance entre électrodes ont été 83,5 ± 23,1 Ω, 18,2 ± 3,83 Ω, 85,6 ± 22,9 Ω, 30,6 ± 6,90 cm et 10,8 ± 3,14 cm, respectivement. Les animaux plus âgés avaient des valeurs de résistance et d'impédance plus faibles (allant de 118 ± 19,7 et 119 ± 20,0 Ω respectivement à 25 jours jusqu'à 72,1± 13,7 et 75,2 ± 13,1 respectivement en lapins avec 77 jours de la vie ; P<0,001. Les valeurs moyennes de résistance étaient inférieures à celles obtenus chez les lapines reproductrices (Pereda et al., 2007a) en raison de leur plus forte teneur en graisse, mais étaient plus élevées que celles obtenues chez les porcs ou les moutons (Swantek et al., 1992; Berg y Marchelo, 1994; Daza et al., 2006), qui présentaient valeurs de résistance

de 40 y 50 Ω , malgré leur teneur totale en matières grasses supérieure.

Tableau 2: Evolution de la composition corporelle des lapins avec l'âge.

Age, jours	25	35	49	63	77	EEM ¹	PL ²	PQ ³
Poids vif, g	369	780	1505	2125	2572	38,8	<0,001	0,005
<i>Composition chimique, %</i>								
Humidité	72,8	73,6	70,9	69,1	65,9	0,41	<0,001	<0,001
<i>Composition chimique, % MS</i>								
Protéines Brutes	59,3	59,8	55,3	51,1	48,5	0,57	<0,001	0,136
Graisses	22,3	20,6	25,9	34,4	36,0	0,79	<0,001	0,068
Cendres	11,8	12,7	11,2	10,3	9,50	0,19	<0,001	0,014
EB ⁴ , kJ/100g MS	2147	2097	2210	2393	2505	18,1	<0,001	<0,001
<i>Composition chimique, g</i>								
Humidité	269	573	1066	1466	1687	26,2	<0,001	<0,001
Protéines Brutes	58,8	123	242,1	334	425	8,45	<0,001	0,176
Graisses	22,6	42,9	115	232	327	8,71	<0,001	0,001
Cendres	11,8	26,1	48,8	67,0	81,8	1,46	<0,001	0,001
EB ⁴ , MJ	2,15	4,34	9,75	15,9	22,4	0,64	<0,001	0,003

¹EEM: erreur standard moyenne (n = 150). ²PL: probabilité de l'effet linéaire de l'âge. ³PQ: probabilité de l'effet quadratique de l'âge. ⁴EB : Energie brute

Ces résultats peuvent être expliqués par des différences de volume entre les animaux, puisque la valeur absolue d'impédance dépend de la géométrie et du volume corporel de l'animal mesuré. Un plus grand volume d'animal est associé à des valeurs d'impédance inférieures, suivant la relation établie Lukaski et al. (1985): Volume = Longueur² / impédance. La composition corporelle varie avec l'âge et le poids de l'animal (Tableau 2). Le poids des animaux a augmenté linéairement et de forme quadratique (probabilité de l'effet linéaire : PL <0,001 et probabilité de l'effet quadratique : PQ = 0,005) avec l'âge de 369 g à 25 jours, jusqu'à 2572 g en moyenne chez les animaux à 77 jours d'âge. La teneur en humidité, protéines et cendres diminue linéairement (PL <0,001) avec l'âge, de 72,8 % à 65,9%, de 59,3 % à 48,5% et de 11,8 % à 9,5% de MS, respectivement. En outre, l'humidité et les cendres ont atteint un maximum à 35 jours d'âge (73,6%, PQ <0,001; et 12,7% de MS, PQ = 0,014). Les teneurs en graisses et en énergie ont évolué en sens inverse de la teneur en eau, qui a augmenté de façon linéaire avec l'âge (22,3 % à 36,0% de MS et de 2147 à 2505 kJ / 100g MS; PL <0,001). Dans les deux cas, les teneurs minimum en eau (20,6% MS ; PQ = 0,068) et en énergie 2097 kJ / 100g MS ; PQ <0,001) sont observées à 35 jours. Milisits et al. (2003) ont également observé en utilisant la méthode de TOBEC chez des lapins une évolution similaire de la teneur en graisses, avec un minimum à 35 jours. Les valeurs minimales et maximales observées à 35 jours pourraient être due à une augmentation de la consommation d'aliment par rapport aux lapins âgés de 25 jours, puisque les animaux ont été broyés entiers sans retirer le tube digestif. En revanche, les teneurs totales des différents constituants corporels (exprimés en g ou MJ), augmentent tous de façon

linéaire et quadratique (P <0,01), sauf la teneur totale en protéines qui a évolué de manière linéaire.

2.2. Détermination et validation des équations de prédiction

Les résultats ont montré une corrélation négative entre la réactance et l'humidité, la protéine brute et les cendres (r = -0,32 P < 0,001; r = -0,20 P < 0,05; r = -0,26 P < 0,01) et une corrélation positive avec la graisse et l'énergie (r = 0,23 y r = 0,24; P < 0,01). Le contraire est trouvé avec la résistance, qui était positivement corrélée avec la teneur en humidité, de cendres et de protéines brutes (r = 0,31 p <0,001; r = 0,28 p <0,001; r = 0,37 p <0,001), mais négativement avec la graisse et l'énergie (r = -0,36 et r = -0,35; P <0,001). L'âge de l'animal a également été négativement corrélé avec la teneur en humidité, en protéines brutes et en cendres (r = 0,79, r = -0,67 y r = 0,80; P < 0,001) et positivement avec la teneur en graisses et en énergie (r = 0,78 et r = 0,81; P <0,0001). Les corrélations obtenues pour la résistance sont contraires à celles trouvées chez les lapines reproductrices (Pereda et al., 2007b), qui ont montré une corrélation positive entre la résistance et la teneur en matières grasses (r <0,31, P <0,01). Ces différences sont expliquées parce que les variations de volume sont plus importantes chez les jeunes lapins en croissance que chez les animaux adultes. Lorsque le volume de l'animal est considéré comme constant, une augmentation de la teneur en graisses est associée à une réduction dans la teneur en eau, et donc, le corps offre plus de résistance au passage du courant. Ceci est la raison pour laquelle, une corrélation positive entre les valeurs de résistance et de matières grasses a été observée dans les différentes espèces (Pereda et al, 2007b; Swantek et al., 1992). Toutefois, lorsque le volume n'est pas considéré constant, une augmentation du volume (avec l'âge et la teneur en graisse) est associée à des valeurs plus faibles de

l'impédance (Lukaski et al., 1985), ce qui explique les résultats de ce travail chez le lapin en croissance. Les variables indépendantes incluses dans les équations de régression étaient, outre les mesures IBE l'âge, le poids et la longueur des lapins. Les équations qui estiment la composition corporelle totale, exprimée en grammes ou en MJ total, ont eu un R^2 plus élevé que celles qui estimaient la composition chimique relative, en pourcentage de MS ou en kJ/100g de MS (Tableau 3). Ces résultats ont aussi été observés dans des travaux antérieurs chez des lapins en croissance et des lapins reproducteurs (De Blas et al., 1977, Pereda et al., 2007b) Ces différences pourraient être expliquées, parce que l'intervalle de variation de la composition chimique est plus grand, lorsqu'elle est exprimée en grammes, plutôt qu'en pourcentage. Cependant, bien que la variabilité totale ait été moins bien expliquée dans les équations de prédiction de la composition corporelle relative (% , kg/100g), l'EMRP était plus faible pour celles-ci, que pour celles qui estiment la composition et l'énergie corporelle exprimées en grammes et en MJ total. Les équations de prédiction de la graisse corporelle ont montré la valeur d'EMRP plus élevée. Ceci pourrait être exprimé parce que la teneur en graisse des animaux présentait aussi la variation la plus élevée. En revanche, les valeurs les plus faibles d'EMRP ont été obtenus pour la estimation de d'humidité et de protéines, qui ont une plus faible dispersion entre les animaux.

Tableau 3. Coefficients de détermination (R^2), de variation (CV) et erreurs moyennes relatives de prédiction (EMRP) des équations de prédiction de la composition corporelle des lapins en croissance estimées par impédance bioélectrique

	R^2	CV, %	EMRP, %
Humidité, %	0,85	1,89	1,98
Humidité, g	0,99	2,13	2,24
Protéine brute, % MS	0,79	4,61	4,78
Protéine brute, g	0,99	5,79	5,99
Graisse, % MS	0,83	11,7	12,2
Graisse, g	0,97	15,6	16,3
Cendres, % MS	0,71	7,75	8,39
Cendres, g	0,98	8,38	8,56
Energie kJ/100 g MS	0,86	3,09	3,26
Energie, MJ	0,99	7,34	7,81

Conclusions

Ces résultats montrent que l'impédance bioélectrique est une méthode qui permet d'estimer de façon satisfaisante la composition corporelle des lapins en croissance. Cette méthode peut être utilisée en conditions expérimentales mais aussi en élevage commercial. Les prédictions les plus précises (fort R^2 et faible CV) sont obtenues pour l'eau et l'énergie. Les prédictions sont plus précises pour les valeurs relatives (%/MS) que pour les valeurs absolues (g/lapin).

Remerciements

Mes remerciements aux personnes du Nutreco Poultry Research Center et de l'Université Polytechnique de Madrid qui ont participé à la préparation de ce travail.

Références

- AMEMIYA T. 1989. Selection of regressors. *Int. Econ. Rev.*: 331-354.
- AOAC. 2000. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (17TH EDITION), GAITHERSBURG, MD.
- BERG E.P., MARCHELLO M.J. 1994. Bioelectrical Impedance Analysis for the prediction of fat-free mass in lambs and lamb carcasses. *J. Anim. Sci.*, 72: 322-329.
- DE BLAS J.C., TORRES A., FRAGA M.J., PEREZ E., GALVEZ J.F. 1977. Influence of weight and age on the body composition of young doe rabbits. *J. Anim. Sci.*, 45: 48-53.
- DAZA A., MATEOS A., OVEJERO I., LÓPEZ BOTE C.J. 2006. Prediction of body Iberian pig by means of bioelectrical impedance. *Meat Sci.*, 72: 43-46.
- HOCKING R.R. 1976. The analysis and selection of variables in linear regression. *Biometrics*, 32: 1-49.
- LUKASKI H.C., BOLONCHUCK W.W., HALL C.B., SIDERS W.A. 1985. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J. Appl. Physiol.*, 60: 1327-1332.
- MALLOWS C.L. 1973. Some comments on Cp. *Technometrics*, 15: 661-675.
- MARCHELLO M.J., SLANGER W.D. 1994. Bioelectrical impedance can predict skeletal muscle and fat-free skeletal muscle of beefs cows and their carcass. *J. Anim. Sci.*, 72: 3118-3123.
- MILISITS G., LÉVAI A., ANDRÁSSY-BAKA G., ROMVÁRI R. 2003. In vivo Examination of Fat Deposition in growing rabbits selected for high and low body fat content. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Vol.68, No. 3: 145-149.
- NICODEMUS N., PEREDA N., ROMERO C., REBOLLAR P.G. 2009. Évaluation de la technique d'impédance bioélectrique (IBE) pour estimer la composition corporelle de lapines reproductrices. 13^{èmes Journées de la Recherche Cunicole}, 17-18 novembre 2009, LeMans, France: 109-112.
- PEREDA N., REBOLLAR P.G., SCHWARZ B.F., ARIAS-ÁLVAREZ M., REVUELTA L., LORENZO P.L., NICODEMUS N. 2007A. Estudio de la composición corporal de conejas reproductoras mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). Parte I: Resultados de la composición corporal y de las determinaciones de impedancia. *II Congreso Ibérico de Cunicultura*. Vila-Real, Portugal: 13-16.
- PEREDA N., REBOLLAR P.G., SCHWARZ B.F., ARIAS-ÁLVAREZ M., REVUELTA L., LORENZO P.L., NICODEMUS N. 2007B. Estudio de la composición corporal de conejas reproductoras mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). Parte II Ecuaciones de predicción. *II Congreso Ibérico de Cunicultura*. Vila-Real, Portugal: 17-20.
- SAS INSTITUTE 1999. User's Guide. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC
- SWANTEK P.M., CRENSHAW J.D., MARCHELLO M.J., LUKASKI H.C. 1992. Bioelectrical impedance: a non-destructive method to determine fat-free mass of live market swine and pork carcasses. *J. Anim. Sci.*, 70: 169-177.
- SWANTEK P.M., MARCHELO M.J., TILTON J.E., CRENSHAW J.D. 1999. Prediction of fat-free mass of pigs from 50 to 130 kg live weight. *J. Anim. Sci.*, 77: 893-897.
- VELAZCO J., MORRIL J.L., GRUNEWALD K.K. 1999. Utilization of bioelectrical impedance to predict carcass composition of Holstein steers at 3, 6, 9 and 12 months of age. *J. Anim. Sci.*, 77, 131-136.