

POPULATION MICROBIENNE INTESTINALE ET PROFIL D'ACIDES GRAS VOLATILS CHEZ DES POULETS NOURRIS AVEC DE LA LIGNOCELLULOSE

Bogusławska-Tryk M.¹, Szymeczko R.¹, Piotrowska A.¹, Burlikowska K.¹, Śliżewska K.², Darras Laure³

¹FACULTY OF ANIMAL BREEDING AND BIOLOGY, UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND LIFE SCIENCES - Mazowiecka 28 - 85-084 BYDGOSZCZ, Pologne

²INSTITUTE OF FERMENTATION TECHNOLOGY AND MICROBIOLOGY, Wolczanska 171/173, 90-924 Lodz, Pologne

³JRS RETTENMAIER FRANCE – 20 q. rue Schnapper – 78100 SAINT GERMAIN EN LAYE
Laure.darras@rettenmaier.eu

This article is a summary by Laure Darras of a trial published by the Faculty of Animal Breeding and Biology, Bydgoszcz, under supervision of M. Bogusławska-Tryk

RÉSUMÉ

Cet essai a été mené pour évaluer les effets de l'ajout de lignocellulose sur les performances, le microbiote intestinal, la concentration en acides gras volatils (AGV) et en acide lactique et la valeur du pH dans le digestat iléal et caecal de poulets de chair de 42 jours. Au total, 48 poulets mâles Ross 308 âgés de 21 jours ont été divisés en 4 groupes avec 6 répétitions par traitement. Les régimes expérimentaux sont à base de maïs, blé, triticale, tourteau de soja et différents niveaux de lignocellulose : 0, 0,25, 0,5 et 1,0 %. Il n'y a pas eu d'effet significatif de l'inclusion de lignocellulose dans le régime sur les critères de performances. Les populations de *Lactobacilles* sp. iléales et de *Bifidobactéries* sp. iléale et caecale ont augmenté ($P<0,05$) et le nombre d'*Escherichia coli* et de *Clostridium* sp. a significativement diminué chez les oiseaux nourris avec des aliments contenant la lignocellulose. La somme des AGV et de l'acide lactique dans les deux segments de l'intestin ainsi que des acides acétique et propionique dans l'iléon et l'acide lactique dans le caecum des poulets nourris avec 0.5% de lignocellulose était significativement plus élevée que celle des oiseaux témoins. Les résultats montrent que l'inclusion de lignocellulose dans l'alimentation des poulets, notamment à la dose de 0,5%, favorise la croissance de *Lactobacilles* sp. et *Bifidobactéries* sp., réduit le nombre d'*E. coli* et de *Clostridium* sp. et augmente la concentration des AGV et de l'acide lactique sans effet substantiel sur le pH du digestat iléal et caecal. L'intensité des fermentations et des quantités significatives d'acide lactique et des AGV, en particulier les acides acétique et propionique, suggèrent l'effet prébiotique de la lignocellulose sur le tractus gastro-intestinal des poulets de chair.

ABSTRACT

Intestinal microbial population and short-chain fatty acid profile in broiler fed with lignocellulose

The study was conducted to evaluate the performance indices, gut microbiota, shortchain fatty acid (SCFA) and lactic acid concentration and pH value in ileal and cecal digesta of 42-day-old broilers fed a diet supplemented with lignocellulose. A total of 48, 21-day-old male Ross 308 chickens were divided into 4 treatment groups with 6 replicates per treatment. Experimental diets were based on maize, wheat, triticale, soybean meal and varied in the amount of lignocellulose: 0, 0.25, 0.5 and 1.0%. There was no significant effect of lignocellulose inclusion into the diet on broiler performance indices. Ileal *Lactobacillus* spp. as well as ileal and cecal *Bifidobacterium* spp. populations increased ($P<0.05$) and the number of *Escherichia coli* and *Clostridium* spp. significantly decreased in birds fed diets supplemented with lignocellulose. The sum of SCFAs and lactic acid in both intestine segments as well as acetic and propionic acids in ileal and lactic acid level in cecal digesta of chickens fed a diet with 0.5% lignocellulose were significantly higher compared to the control birds. The results show that inclusion of lignocellulose in the chicken diet, especially at a dose of 0.5%, promotes the growth of *Lactobacillus* spp. and *Bifidobacterium* spp., reduces the number of *E. coli* and *Clostridium* spp. as well as enhances the concentration of SCFAs and lactic acid with no substantial effect on the pH of ileal and cecal digesta. The intensity of fermentation and substantial amounts of the lactic acid and individual SCFAs, particularly acetic and propionic acids, may suggest the prebiotic effect of lignocellulose on the broiler gastrointestinal tract.

INTRODUCTION

Le phénomène d'antibiorésistance lié à l'utilisation d'antibiotiques et les risques pour la santé animale et humaine sont connus. Les recherches se sont concentrées sur les matières fermentescibles tels les fructanes, ou les mannan-oligosaccharides, montrant des effets positifs sur la flore, l'intégrité de la muqueuse intestinale, l'activité enzymatique et les performances de poulets de chair (Kim *et al.*, 2011; Bogusławska-Tryk *et al.*, 2012; Nabizadeh, 2012). Une fibre insoluble, non-fermentescible, contenant de la cellulose et de la lignine, est, de manière conventionnelle considérée comme un diluant et affecte par conséquent l'équilibre énergétique des aliments des poulets de chair (Svihus and Hetland, 2001; Krás *et al.*, 2013), alors que peu d'attention est donnée aux effets de la cellulose et de la lignine sur la population microbienne intestinale. Des études montrent que la cellulose, considérée comme un ingrédient fonctionnel, peut influencer les populations microbiennes, et spécifiquement les flores positives telles les Bifidobactéries et les Lactobacilles, et les pathogènes potentiels, ces effets dépendent du niveau de cellulose et de l'âge de l'oiseau (Cao *et al.*, 2003; Saki *et al.*, 2010). On suppose que l'influence bénéfique de la cellulose et de la lignine sur le microbiote intestinal affecte le profil de fermentation et la composition du digestat intestinal en acides gras volatils (AGV). Il existe un manque d'informations concernant les effets de la cellulose et de la lignine sur le profil des AGV dans le tractus intestinal des poulets de chair. De plus, il n'existe aucune étude évaluant les effets de la lignocellulose sur la population microbienne ni l'intensité des fermentations intestinales. Le but de cette étude est de déterminer les effets d'un apport de lignocellulose dans des aliments pour poulets de chair sur la microflore intestinale, le contenu en AGV et en acide lactique du digestat iléal et caecal, puis sur les performances de croissance.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et aliments

Les procédures de soins aux animaux ont été approuvées par le Comité d'Ethique de l'Université de Bydgoszcz. Un total de 48 poulets Ross 308 âgés de 21 jours ont été prélevés sur une ferme commerciale. L'humidité, la température et les flux d'air de la station d'expérimentation ont été contrôlés automatiquement. Les oiseaux ont été pesés puis alloués dans l'un des quatre traitements (n=12). Deux oiseaux étaient alloués dans la cage métabolique (6 répétitions par traitements). Les recommandations d'éclairage et d'élevage spécifiques à la génétique ont été suivies. Durant les 3 semaines d'essai (de 21 à 42

jours d'âge), tous les oiseaux ont eu un accès libre à l'eau et ont été nourris *ad-libitum* avec un aliment de base maïs (24,1%), blé (23,1%), triticales (23,6%), tourteau de soja (23,8%), complété par de l'huile de soja, acides aminés essentiels, prémix minéral et vitaminique et phytase (recommandations nutritionnelles pour Ross 308, 2007). Les aliments expérimentaux ont varié par l'ajout de lignocellulose (Arbocel®, JRS) dans l'aliment de base : 0,0 (groupe témoin), 0,25, 0,5 et 1,0% en remplacement du blé. D'après le fabricant, la lignocellulose contient environ 70% d'ADF et 24% d'ADL. La longueur de fibre est d'environ 200-300 µm et la capacité de rétention en eau de 500-700%. L'analyse des constituants chimiques des aliments se trouve dans le Tableau 1.

Tableau 1. Composition chimique des aliments expérimentaux (g/kg)

	Lignocellulose dans l'aliment %			
	0,0	0,25	0,5	1,0
Matière sèche	908,9	906,9	907,9	905,7
EM (MJ/kg)	12,8	12,9	12,8	12,8
Protéine brute	195,7	197,1	192,5	196,9
Cellulose brute	28,7	29,2	30,0	32,3
Fibres :				
NDF	81,5	81,1	86,6	90,5
ADF	26,9	29,0	32,8	36,6
ADL	4,9	4,9	5,3	6,7

1.2 Protocole expérimental

Les indices de performances au sein de chaque groupe ont été mesurés à 42 jours d'âge. L'IC a été déterminé comme le ratio entre l'ingestion d'aliment et le gain de poids. A 42 jours d'âge après les pesées, les poulets ont été abattus et les organes digestifs ont été rapidement prélevés. Des échantillons de digestat des fractions iléales et caecales ont été prélevés immédiatement de chaque poulet dans des tubes stériles, remplis et mis dans la glace jusqu'à ce qu'ils soient réceptionnés par le laboratoire pour comptage des populations bactériennes, analyses des AGV et acide lactique. Le pH des contenus frais de l'iléum et du cæcum ont été mesurés à l'aide d'un pH-mètre.

1.3. Méthode analytique

Le contenu en matière sèche, protéine brute, lipides, fibres, cendres, ont été déterminés d'après AOAC (1990). La concentration en fibres NDF, ADF et ADL a été analysée d'après Van Soest (1963). La détermination quantitative du microbiote du digestat iléal et caecal a été obtenue par la méthode de Koch. Les échantillons ont été mis en solution tampon puis dilués. Les espèces bactériennes ont été identifiées avec leur milieu d'origine : le nombre de bactéries aérobies et anaérobies sur plaque d'agar, les Lactobacilles sur MRS agar, les *E. coli* sur Chromocult TBX agar, les Bifidobactéries sur RCA agar et les Clostridium sur DRCM agar. Les cultures faites en trois exemplaires ont été incubées à 37°C.

Les concentrations des AGV (formique, acétique, propionique et butyrique) et de l'acide lactique ont été déterminées sur HPLC. La durée d'analyse fut de 40 minutes, à 60°C. Toutes les solutions ont été filtrées à 0.22 µm et un échantillon de 10 µL a été injecté dans un système HPLC pour obtenir les courbes standards. La concentration des AGV individuels et de l'acide lactique ont été estimées en utilisant une méthode standard externe.

1.4 Analyse statistique

Les données sont exprimées en moyennes et erreurs types de la moyenne. Les résultats ont été déterminés par ANOVA et les différences entre les traitements ont été analysés *post hoc* par un test de Tukey's avec le logiciel STATISTICA 8.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Durant l'essai, tous les animaux furent en bonne santé et les performances à 42 jours d'âge satisfaisantes. Il n'y a pas eu d'effet significatif de l'inclusion de lignocellulose sur le gain de poids, l'indice de conversion, et la valeur EEI (Tableau 2). Les résultats des paramètres mesurés se trouvent dans le Tableau 3.

Tableau 2. Résultats de performances (moyenne $\pm$ ETM) des poulets âgés de 42 jours

Indices	Lignocellulose dans l'aliment (%)			
	0,0	0,25	0,5	1,0
Poids début, g	739	729	735	728
	$\pm 4,3$	$\pm 3,4$	$\pm 1,3$	$\pm 3,5$
Poids final, g	2422	2423	2436	2429
	$\pm 87,3$	$\pm 48,4$	$\pm 50,9$	$\pm 55,6$
GMQ, g	80,2	80,65	81,00	81,02
	$\pm 4,1$	$\pm 2,2$	$\pm 2,4$	$\pm 2,7$
IC, kg / kg	1,87	1,88	1,85	1,88
	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
EEI	620	616	626	618
	$\pm 26,2$	$\pm 8,5$	$\pm 17,9$	$\pm 22,1$

Tableau 3. Comptage microbiologiques ($\log_{10}$ UFC/g digestat), Matière sèche (%), concentration en AGV et acide lactique (μmol / g digestat)

	Lignocellulose dans l'aliment (%)			
	0,0	0,25	0,5	1,0
Aérobies				
Iléum	9,4	9,4	9,6	9,6
	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	$\pm 0,0$
Cæcum	9,4	9,4	9,5	9,4
	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$
Anaérobies				
Iléum	9,2	9,4	9,3	9,3
	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
Cæcum	9,6	9,6	9,6	9,5
	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
Lactobacilles				

Iléum	7,9	8,5	8,6	8,4
	$\pm 0,0^a$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$
Cæcum	8,2	8,4	8,4	8,4
	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
Bifidobactéries				
Iléum	7,9	8,6	8,6	8,5
	$\pm 0,0^a$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$
Cæcum	8,2	8,8	8,8	8,7
	$\pm 0,1^a$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,0^b$
E. coli				
Iléum	6,8	6,3	6,2	6,5
	$\pm 0,0^a$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,2^{ab}$
Cæcum	6,8	6,3	6,2	6,7
	$\pm 0,1^a$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^a$
Clostridium				
Iléum	5,8	5,4	5,3	5,6
	$\pm 0,0^a$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^{ab}$
Cæcum	5,8	5,4	5,4	5,6
	$\pm 0,0^a$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^b$	$\pm 0,1^{ab}$
Matière Sèche				
Iléum	18,1	18,6	18,3	18,5
	$\pm 0,3$	$\pm 0,2$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$
Cæcum	18,2	18,1	17,1	17,6
	$\pm 1,2$	$\pm 0,7$	$\pm 0,1$	$\pm 0,6$
pH				
Iléum	6,6	6,2	6,0	6,1
	$\pm 0,3$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,2$
Cæcum	6,1	6,0	5,7	6,0
	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$
Acide formique				
Iléum	6,7	9,3	12,0	8,0
	$\pm 2,0$	$\pm 2,6$	$\pm 2,0$	$\pm 1,3$
Cæcum	5,7	6,3	6,3	5,9
	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	$\pm 0,7$	$\pm 0,4$
Acide acétique				
Iléum	9,2	7,2	20,0	18,3
	$\pm 2,3^{ac}$	$\pm 2,7^a$	$\pm 1,8^b$	$\pm 2,8^{bc}$
Cæcum	29,3	30,1	32,8	26,0
	$\pm 3,2$	$\pm 4,3$	$\pm 4,2$	$\pm 3,0$
Acide propionique				
Iléum	3,8	9,7	17,4	9,2
	$\pm 1,5^a$	$\pm 3,6^{ab}$	$\pm 2,8^b$	$\pm 3,1^{ab}$
Cæcum	22,0	25,0	26,1	23,7
	$\pm 2,2$	$\pm 0,8$	$\pm 2,0$	$\pm 0,8$
Acide butyrique				
Iléum	4,5	5,2	5,3	4,5
	$\pm 1,4$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 0,7$
Cæcum	6,7	6,6	6,4	5,8
	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,2$
Acide Lactique				
Iléum	28,8	29,6	31,6	29,5
	$\pm 4,1$	$\pm 5,3$	$\pm 2,3$	$\pm 1,2$
Cæcum	60,3	82,5	90,5	67,2
	$\pm 2,0^a$	$\pm 7,2^{ab}$	$\pm 8,2^b$	$\pm 2,3^a$
Somme des AGV et acide lactique				
Iléum	53,0	61,1	86,1	69,6
	$\pm 7,2^a$	$\pm 8,7^{ab}$	$\pm 4,3^b$	$\pm 3,6^{ab}$
Cæcum	123,9	150,5	162,0	128,6
	$\pm 4,6^a$	$\pm 10,1^{ab}$	$\pm 8,8^b$	$\pm 4,7^a$

Moyenne $\pm$ ESM dans une ligne avec des lettres différentes diffèrent significativement ($P < 0,05$)

Il n'y a pas eu de différences ($P > 0.05$) sur le total des populations aérobies et anaérobies dans les digestas de l'iléon et du colon, mais les comptages de *Lactobacilles* spp., *E. coli* et *Clostridium* spp. ont été significativement influencés par la présence de lignocellulose dans l'aliment. Il y a eu une augmentation ($P < 0.05$) des *Lactobacilles* spp. iléales, mais aussi des *Bifidobactéries* spp. iléales et caecales, chez les poulets ayant reçu les régimes contenant 0,25 ; 0,5 et 1,0% de lignocellulose par rapport au groupe témoin. Le nombre d'*E. coli* et de *Clostridium* spp. a été significativement réduit dans le digestat de l'iléon et du cæcum des poulets ayant reçu les régimes contenant 0,25 et 0,5% de lignocellulose par rapport au témoin. La matière sèche et le pH n'ont pas été affectés ($P > 0.05$) par la présence de lignocellulose (Tableau 4), cependant il y a eu une tendance pour un pH plus bas chez les poulets recevant les plus hauts niveaux de fibres, spécifiquement à 0,5% de lignocellulose. L'ajout de 0,5% de lignocellulose dans l'aliment a significativement augmenté (environ 63%) la somme des AGV et de l'acide lactique du digestat iléal par rapport au groupe témoin, ainsi que dans le digestat caecal par rapport au groupe témoin et au groupe ayant reçu 1,0% de lignocellulose (environ 31% et 26%, respectivement). De même, le niveau de tous les AGV individuellement observés, à l'exception de l'acide butyrique dans le cæcum, a été le plus élevé dans l'iléon et le cæcum des poulets ayant reçu 0,5% de lignocellulose. Des différences significatives dans le digestat de l'iléon ont été mesurées pour les acides lactique et acétique (0,5% de lignocellulose par rapport au témoin et au groupe ayant reçu 0,25% de lignocellulose), ainsi qu'en acide lactique dans le digestat de cæcum (0,5% de lignocellulose par rapport au témoin et au groupe ayant reçu 1,0% de lignocellulose). En général, l'ajout de lignocellulose dans les aliments, sans considérer la dose, a entraîné une augmentation de l'acide formique, acétique, propionique et lactique dans le digestat de l'iléon et du cæcum, ainsi qu'une augmentation de l'acide butyrique dans le contenu iléal.

Il demeure un manque de données concernant les effets de la lignocellulose dans l'alimentation des poulets de chair sur la croissance, les populations microbiennes intestinales, et les activités de fermentations microbiennes. Dans cette étude, l'inclusion de 0,25-1,0% de lignocellulose n'a pas affecté les paramètres de performances. Ces résultats confirment les conclusions de la plupart des études récentes menées avec de la cellulose pure (Svihus et Hetland, 2001 ; Cao *et al.*, 2003; Jiménez-Moreno *et al.*, 2009), avec de la lignine (Baurhoo *et al.*, 2007a,b), ou avec de la lignocellulose (Farran *et al.*, 2013) ajoutés dans l'alimentation des poulets. Cependant, Sarikhan *et al.* (2010) rapportent que l'ajout de niveaux modérés (0,25-0,75%) de fibre insoluble concentrée, contenant 86,5% de fraction

ADF, peut influencer positivement la croissance des volaille et l'efficacité alimentaire, surtout en période de croissance.

Il est reconnu que la densité et la diversité des populations microbiennes dans les différentes fractions du tractus intestinal des poulets évoluent de manière significative avec l'âge. La flore microbienne est influencée par de nombreux facteurs, tels le statut santé des animaux, les conditions environnementales, et la composition de l'aliment (Rehman *et al.*, 2007). Les résultats de cette étude démontrent que l'ajout de lignocellulose peut avoir un effet stimulateur sur la croissance des bactéries bénéfiques (*Lactobacillus* spp. and *Bifidobacterium* spp.), et limiter la population des pathogènes potentiels (*E. coli* and *Clostridium* spp.) dans le digestats de l'iléon et du cæcum de poulets de chair âgés de 42 jours. Il faut noter par ailleurs que mis à part *Clostridium Perfringens*, tous les *Clostridium* spp. ne sont pas pathogènes. Les mécanismes d'action de la lignocellulose sur la population bactérienne dans le tractus intestinal ne sont pas totalement compris. Il semblerait que ces effets soient liés aux mécanismes d'action de la cellulose et de la lignine sur l'environnement intestinal. Il est documenté que la dégradation des fibres insolubles (fraction NDF) par les enzymes bactériennes des volailles est d'environ 35% (Jamroz *et al.*, 2001), mais les effets sur la population microbienne résulteraient principalement des propriétés physico-chimiques des fibres. L'effet abrasif des fibres insolubles sur la surface de la muqueuse intestinale favorise l'élimination des bactéries pathogènes capables d'adhérer au mucus, tel *Clostridium perfringens* (Mateos *et al.*, 2012). En retour, ce mécanisme pourrait expliquer l'effet sur la croissance du microbiote bénéfique. Des études récentes ont démontré que l'inclusion de cellulose dans l'alimentation des poulets de chair peut modifier le microbiote intestinal en stimulant la croissance des *Lactobacilles* et *Bifidobactéries* (Cao *et al.*, 2003; Saki *et al.*, 2010). Ces micro-organismes, par la libération de bactériocines, inhibent la prolifération des pathogènes dans l'intestin (O'Shea *et al.*, 2021). De plus, les composés phénoliques dans la lignine peuvent entraîner la désintégration de la membrane bactérienne, et ainsi inhiber la croissance de micro-organismes dans le tractus intestinal (Nelson *et al.*, 1994). De précédentes études ont démontré que l'effet positif de la cellulose et de la lignine sur la microflore iléale et caecale dépend de la dose. Baurhoo *et al.* (2007a) ont montré que l'addition d'un faible niveau (1,25%), et non d'un niveau élevé (2,5%) de lignine, augmente significativement les populations de bactéries lactiques dans le cæcum, par rapport au groupe ayant reçu un aliment sans antibiotiques. De plus, les deux niveaux de lignine ont réduit les *E. coli* dans le cæcum des oiseaux ayant eu un challenge à souches pathogènes d'*E. coli*, et cet effet était lié à la dose. Dans cette présente étude, des niveaux relativement bas de fibres ont été utilisés et les effets

les plus bénéfiques sur la microflore ont été observés avec 0,5% de lignocellulose.

D'autres études évoquent de fortes variations des concentrations d'AGV (11,9-191,4 $\mu\text{mol/g}$ digestat) et de pH (5,0-7,1) dans le contenu intestinal, qui dépendent principalement de l'âge des oiseaux, la composition de l'aliment, le type de fibres et son degré de fermentation (van der Wielen *et al.*, 2000; Rehman *et al.*, 2007; Jiménez- Moreno *et al.*, 2009). Mais il demeure un manque d'informations sur le profil d'AGV des oiseaux ayant été supplémentés en lignine ou cellulose. Dans la présente étude, la population microbienne bénéfique dans l'intestin est aussi liée à un pH plus bas, et a montré la plus haute concentration en acides lactique, acétique et propionique, ainsi qu'en AGV totaux et acide lactique dans le digestat iléal et caecal des poulets ayant reçu 0,5% de lignocellulose. Cela est probablement lié à la fermentation plus intense de la fibre résultant d'une population en bactéries lactiques dans l'intestin plus importante. L'augmentation des concentrations des acides acétique et propionique dans le digestat intestinal est un effet souhaitable. Il est documenté

que le propionate, l'acétate et le formate ont des effets toxiques sur certaines bactéries pathogènes *in vitro* (van der Wielen *et al.*, 2000). D'après ce dernier, il existe une corrélation négative entre les concentrations en acétate et les comptages d'Entérobactéries dans le cæcum des poulets de chair.

CONCLUSION

Les résultats montrent que l'inclusion de faibles quantités de lignocellulose dans des aliments pour poulet de chair stimule la croissance des *Lactobacillus spp.* et *Bifidobacterium spp.*, réduisent le nombre de *E. coli* et de *Clostridium spp.* et augmentent la concentration des AGV et de l'acide lactique, sans effet substantiel sur le pH des digestats de l'iléon et du cæcum. La composition de la microflore intestinale, l'intensité des fermentations et la quantité significativement plus forte d'AGV individuels, en particulier les acides acétiques et propioniques, suggèrent l'effet prébiotique de la lignocellulose sur le tractus intestinal des poulets de chair.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baurhoo B, A Letellier, X Zhao and CA Ruiz-Feria, 2007a. Cecal populations of lactobacilli and bifidobacteria and *E. coli* after in vivo *E. coli* challenge in birds fed diets with lignin or mos. *Poult Sci*, 86: 2509- 2516.
- Bogusławska-Tryk M, A Piotrowska and K Burlikowska, 2012. Dietary fructans and their potential beneficial influence on health and performance parameters in broiler chickens. *J Centr Eur Agr*, 13: 272-291.
- Farran MT, M Pietsch and T Chabrilat, 2013. Effect of lignocellulose on the litter quality and carcass yield of male broilers. Actes des 10èmes JRA, La Rochelle, France, 26-28 mars, 2013, pp: 917-921.
- Jamroz D, K Jacobsen, J Orda, J Skorupinska and A Wiliczkiewicz, 2001. Development of the gastrointestinal tract and digestibility of dietary fibre and amino acids in young chickens, ducks and geese fed diets with high amounts of barley. *Comp Biochem Physiol A*, 130: 643-652.
- Jiménez-Moreno E, JM González-Alvarado, A de Coca-Sinova, R Lázaro and GG Mateos, 2009. Effects of source of fibre on development and pH of the intestinal tract of broilers. *Anim Feed Sci Tech*, 154: 93-101.
- Kim GB, YM Seo, CH Kim and IK Paik, 2011. Effect of dietary prebiotic supplementation on the performance, intestinal microflora, and immune response of broilers. *Poult Sci*, 90: 75-82.
- Krás RV, AM Kessler, AML Ribeiro, JDi Henn, II dos Santos, DP Halfen and L Bockor, 2013. Effect of dietary fiber and genetic strain on the performance and energy balance of broilers. *Braz J Poult Sci*, 15: 15-20.
- Mateos GG, E Jiménez-Moreno, MP Serrano and RP Lázaro, 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Appl Poult Res*, 21: 156-174.
- Nabizadeh A, 2012. Effets of inulin on broilers microflora, gut and performance. *J Anim Feed Sci*, 21: 725-734.
- Nelson JL, JW Alexander, L Gianotti, CL Chalk and T Pyles, 1994. Influence of dietary fiber on microbial growth in vitro and bacterial translocation after burn injury in mice. *Nutrition*, 10: 32- 36.
- O'Shea EF, PD Cotter, C Stanton, RP Ross and C Hill, 2012. Production of bioactive substances by intestinal bacteria as a basis for explaining probiotic mechanisms: Bacteriocins and conjugated linoleic acid. *Int J Food Microbiol*, 152: 189-205.
- Rehman HU, W Vahjen, WA Awad and J Zentek, 2007. Indigenous bacteria and bacterial metabolic products in the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Arch Anim Nutr*, 61: 319-335.
- Sarikhan M, HA Shahryar, B Gholizadeh, MH Hosseinzadeh, B Beheshti and A Mahmoodnejad, 2010. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. *Int J Agric Biol*, 12: 531-536.
- Svihus B and H Hetland, 2001. Ileal starch digestibility in growing broiler chickens fed on a wheat-based diet is improved by mash feeding, dilution with cellulose or whole wheat inclusion. *Br Poult Sci*, 42: 633-637.
- Van der Wielen PWJJ, S Biesterveld, S Notermans, H Hofstra, BAP Urlings and F van Knapen, 2000. Role of VFA in development of cecal microflora in broilers during growth. *Appl Environ Microbiol*, 66: 2536-2540.
- Van Soest PJ, 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J Assoc Offic Agric Chem*, 46: 829-835.

