

L'interaction entre l'acide folique, la vitamine B₁₂ et la méthionine chez le porc en croissance : impact sur les performances zootechniques et la qualité de la viande

Alain GIGUÈRE, Christiane L. GIRARD, Jean Jacques MATTE

Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de R & D sur le bovin laitier et le porc, Lennoxville, QC, Canada

L'interaction entre l'acide folique (vitamine B₉), la vitamine B₁₂ et la méthionine chez le porc en croissance: impact sur les performances zootechniques et la qualité de la viande.

Cette expérience visait à déterminer les effets de la méthionine et des vitamines B₉ et B₁₂ sur des critères de performances, de qualité de la viande et certaines variables métaboliques chez le porc d'abattage. Soixante dix-huit porcs ont été distribués en six traitements factoriels avec (M) ou sans (C) addition de 0,2 % de méthionine et trois suppléments de B₉ (ppm)-B₁₂(ppb), respectivement de 0-0 (V0), 10-25 (V1) et 10-150 (V2). En croissance (0 à 4 semaines), le GMQ était plus élevé (P<0,08) de 4,9 % chez les porcs M comparativement aux C, un effet à relier au taux de conversion. En finition (4 à 8 semaines), l'ingéré alimentaire (P<0,05) et le GMQ (P<0,07) étaient 5,8 % plus élevés chez les porcs V1 comparativement aux V0. Aucun effet (P>0,12) n'a été observé sur la cystéine, méthionine, FRAP (index du statut anti-oxydant) et TBAR (index du stress oxydatif) du plasma. Les traitements V1 et V2 augmentaient la B₁₂ et la B₉ plasmatiques (P<0,01) alors qu'ils diminuaient (P<0,01) l'homocystéine. Dans la viande, la B₉ et la B₁₂ étaient respectivement de 22 % et 55 % plus élevées (P<0,01) et l'homocystéine, 27 % plus basse (P<0,02), chez les porcs V2 comparativement à V0. Il y a eu peu ou pas d'effet sur la stabilité oxydative de la viande fraîche. En conclusion, l'addition de méthionine en croissance et de B₉ et B₁₂ en finition a amélioré les performances de croissance. Par contre, bien que les traitements aient eu peu d'impact sur sa stabilité oxydative, les suppléments de B₉ et B₁₂ ont permis d'enrichir la viande en ces deux vitamines et d'en diminuer le contenu en homocystéine.

Interaction between folic acid (vitamin B₉), vitamin B₁₂ and methionine in growing-finishing pigs: impact on growth performance and meat quality.

The present experiment aims to investigate the effects of dietary methionine and vitamins B₉ and B₁₂ on growth performance, meat quality and metabolic variables in growing-finishing pigs. Seventy eight pigs were distributed in six factorial treatments with (M) or without (C) an addition of 0,2 % of methionine and 3 additions of B₉ (ppm)-B₁₂ (ppb), respectively, 0-0 (V0), 10-25 (V1) and 10-150 (V2). During the growing period (0 to 4 weeks), weight gain tended to be higher (P<0,08) by 4,9% in M than in C pigs, an effect related to feed conversion. During the finishing period (4 to 8 weeks), feed intake (P<0,05) and weight gain (P<0,07) were higher by 5,8% in V1 than in V0. There was no treatment effect (P>0,12) on profiles of serum cysteine, methionine, FRAP (index of antioxidative status) and TBAR (index of oxidative stress). Both V1 and V2 treatments increased (P<0,01) plasma B₁₂ and B₉ and decreased (P<0,01) plasma homocysteine. In meat, B₉ and B₁₂ were 22% and 55% higher (P<0,01), respectively, and those of homocysteine, 27% lower (P<0,02), in V2 pigs compared to V0. There were few or no treatment effects on the oxidative stability of fresh meat. In summary, additional methionine during the growing period and supplements of B₉ and B₁₂ during the finishing period improved growth performance. Furthermore, although the treatments had few effects on its oxidative stability, the vitamin supplements enriched the meat in both B₉ and B₁₂ and reduced its content in homocysteine.

INTRODUCTION

La sophistication des pratiques d'élevage et les pressions environnementales ont favorisé l'augmentation de l'utilisation des acides aminés synthétiques pour les élevages porcins. C'est le cas de la méthionine qui est non seulement essentielle à la synthèse protéique mais est aussi impliquée dans des réactions de méthylation. Entre autres rôles, les groupes méthyl (-CH₃) sont nécessaires au métabolisme des gras, à la méthylation de l'ADN et à la régénération de la choline. Un manque, tout comme un excès (>0,36 %) de méthionine dans l'aliment affecte le gain et l'efficacité alimentaire des porcs en période de croissance et de finition (BELL et al, 1950 ; SHELTON et al, 1951 ; CHUNG et al, 1989 ; ROTH et KIRCHGESSNER, 1987). L'homocystéine, un métabolite intermédiaire dans le cycle de régénération de la méthionine, pourrait être responsable d'effets négatifs observés lors d'un excès de méthionine.

Chez le rat, l'équilibre entre l'effet positif de la méthionine et l'effet négatif de l'homocystéine module l'impact de la méthionine sur les performances de croissance (WILLIAM et SPARY, 1976). Cet équilibre est influencé principalement par deux vitamines du complexe B, l'acide folique (vitamine B₉) et la vitamine B₁₂. Outre son rôle dans le métabolisme de l'homocystéine circulante, un effet d'épargne de la méthionine par la B₉ a déjà été rapporté durant la période de croissance chez le poulet (RYU et al, 1995). On peut donc penser que ce concept s'applique également au porc en croissance et qu'il puisse expliquer, du moins en partie, certaines des divergences concernant le niveau optimal de méthionine pour le porc charcutier.

En nutrition humaine, l'homocystéine est reconnue comme un facteur initiateur du développement de l'artériosclérose des vaisseaux coronariens, cérébraux et périphériques (BOUSHEY et al, 1995 ; REFSUM et al, 1998) ; elle est également néfaste au développement embryonnaire (BOUSHEY et al, 1995 ; REFSUM et al, 1998) et à la prolifération cellulaire (CHEN et al, 2000). Le mécanisme pathophysiologique liant l'hyperhomocystéinémie aux maladies vasculaires impliquerait une augmentation du stress oxydatif (ex : oxydation des lipides) en affectant les propriétés élastiques des parois des vaisseaux sanguins (ROLLAND et al, 1995). TOBOREK et al (1996) ont suggéré que l'homocystéine pouvait induire la peroxydation des lipides en augmentant la quantité de radicaux libres durant l'autooxydation de son groupement thiol. Cette génération de radicaux libres lors de l'oxydation de l'homocystéine a été proposée comme un des mécanismes de toxicité de cet acide aminé intermédiaire (STARKEBAUM et HARLAN, 1986). Cet effet néfaste de l'homocystéine pour l'intégrité des tissus de même que ses propriétés pro-oxydantes nous ont amené à s'interroger sur le contrôle de la composition en homocystéine du tissu musculaire et son effet potentiel sur la qualité et sa stabilité oxydative de la viande, particulièrement lors de la conservation de longue durée. En ce qui a trait à la santé humaine, on doit également viser à minimiser la présence d'homocystéine dans la viande et cet aspect apparaît particulièrement important dans le cas de la viande de porc. En effet, on a récemment observé (GUAY et al, 2002a) que les concentrations plasmatiques d'homocystéine étaient deux fois plus élevées chez la truie que chez l'humain et la vache. En revanche, tel

qu'observé chez l'humain (REFSUM et al, 1998 ; FINKELSTEIN, 1990), la concentration plasmatique d'homocystéine peut être diminuée par un supplément alimentaire d'acide folique (B₉) ; cette diminution est encore plus marquée avec un supplément combiné d'acide folique et de B₁₂ (GUAY et al, 2002a).

La présente expérience a donc été entreprise afin d'évaluer l'impact des interactions entre l'acide folique, la vitamine B₁₂ et la méthionine sur les performances zootechniques et la qualité de la viande chez le porc d'abattage.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Animaux et traitements

Soixante dix huit castrats d'un poids initial moyen de 27,6 ± 0,3 kg, ont été transportés d'une ferme commerciale au Centre de Recherche de Lennoxville. Les porcs ont tous reçu le même aliment pendant deux semaines avant l'attribution

Tableau 1 - Composition centésimale et analyse des diètes de base

	Croissance	Finition
Composition centésimale, %		
Maïs	72,8	79,3
Tourteau de soya (48 %)	23,0	16,5
Prémélange lysine, Vitamines et minéral ⁽¹⁾	3,1	3,1
Gras (graisse blanche)	1,0	1,0
Anti-moisissure	0,1	0,1
Composition chimique, %⁽²⁾		
Protéine brute	17,5	15,1
Gras brut	3,00	2,88
Fibre brut	2,01	2,11
Cendre	4,4	4,1
Humidité	13,7	13,4
Acides aminés totaux, %⁽²⁾		
Acide Glutamique	3,2	2,8
Alanine	0,92	0,82
Arginine	1,12	0,9
Cystéine	0,31	0,26
Glycine	0,69	0,59
Histidine	0,46	0,4
Isoleucine	0,73	0,59
Leucine	1,57	1,41
Lysine	1,02	0,85
Méthionine	0,28	0,24
Ornithine	0,01	0,01
Phénylalanine	0,87	0,74
Proline	1,09	1,02
Tryptophane	0,24	0,21
Tyrosine	0,55	0,49
Valine	0,87	0,74

(1) Apporte par kg de diète : Lysine, 1,5 g ; Na, 1,85g ; Ca, 5,7g ; P, 2,3g ; Mn, 36 mg ; Zn, 128 mg ; Cu, 17,2 mg ; Se, 0,3 mg ; Fe, 114 mg ; Co, 0,27 mg ; Iode, 1,9 mg ; vitamine A, 8900 UI, vitamine D, 1500 UI ; vitamine E, 30 mg ; vitamine K, 1,6 mg ; thiamine, 1,7 mg ; riboflavine, 5,3 mg ; acide pantothénique, 12,9 mg ; pyridoxine, 2,1 mg ; choline 156 mg, niacine, 18,8 mg, biotine, 0,15 mg

(2) Valeurs analytiques

des traitements. Un échantillon sanguin a été prélevé 3 jours après l'arrivée pour déterminer la concentration plasmatique de base en homocystéine. Selon leur poids et le niveau initial d'homocystéine, les animaux ont été distribués en 13 répétitions de 6 traitements avec (M) ou sans (C) addition de 0,2 % de méthionine synthétique et 3 combinaisons de suppléments de vitamines B₉ (ppm) et B₁₂ (ppb), respectivement, 0 et 0 (V0) 10 et 25 (V1) et 10 et 150 (V2).

Les porcs ont été alimentés à volonté avec deux diètes de base, l'une pour la phase croissance et l'autre pour la phase finition; chaque phase durait 28 jours avec une transition graduelle de 5 jours entre les deux. Les diètes de base étaient composées principalement de maïs et de soya et contenaient 0,28 % et 0,24 % de Met pour les phases de croissance et de finition respectivement (tableau 1). Toutes les diètes ont été formulées pour rencontrer ou excéder les recommandations du NRC (1998) pour les porcs de cet âge (tableau 1). Les poids moyens au début de la première (attribution des traitements) et de la deuxième phase étaient de 37,8 ± 0,4 kg et 67,1 ± 0,6 kg, respectivement.

Les porcs ont été logés individuellement et l'alimentation a été ajustée quotidiennement afin d'obtenir approximativement 10% de refus. La prise alimentaire et le poids des animaux ont été enregistrés à toutes les semaines. Des échantillons sanguins ont été prélevés aux jours 0, 14, 28, 42 et 56 de l'expérience pour la détermination des concentrations plasmatiques de vitamine B₁₂, méthyl-tétrahydrofolate (5-CH3-THF), méthionine, cystéine, homocystéine, «Ferric Reducing Antioxydant Power» (FRAP) et «2-Thiobarbituric Acid Reactive Substance» (TBARS). Ces deux dernières mesures plasmatiques permettaient d'estimer l'évolution systémique du statut antioxydant (FRAP) et du niveau du stress oxydatif (TBAR).

Les porcs ont été abattus à 112,6 ± 0,8 kg et pour chaque animal, le *longissimus dorsi* (LD) et le *psaos major* (PS) ont été recueillis sur les deux côtés de la carcasse. Le foie de chacun des animaux a également été prélevé. Pour chaque animal, l'un des deux muscles LD et PS ont été coupés en 3 et 2 parties, respectivement, et emballés individuellement selon la technique CRYOVAC®; les muscles de l'autre côté de la carcasse ont été emballés en une seule pièce en utilisant la même technique. La couleur de la viande ainsi que les valeurs de TBARS et de FRAP ont été mesurées aux jours 1, 14, 28 et 42 après l'abattage pour LD et 0, 21 et 42 pour PS. Les niveaux de vitamines B₉ et B₁₂ ainsi que d'homocystéine ont été déterminés dans des échantillons broyés de LD collectés au jour 1 suivant l'abattage. Les valeurs de TBARS et de FRAP ont été mesurées dans le foie.

La couleur de la viande a été évaluée selon un système établi par la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE, 1978). Dans l'intervalle étudié, la couleur est décrite par trois composantes : L*, a* et b*. La valeur L* représente l'intensité de la couleur (la brillance), le a* représente la composante rouge de la lumière (une augmentation de a* suggère une augmentation de l'intensité du rouge), le b* représente la composante jaune de la lumière (une augmen-

tation de b* est interprétée comme une augmentation de l'intensité de jaune).

1.2. Analyses de laboratoire

Les concentrations dans le plasma (B₁₂, méthionine, cystéine, homocystéine et 5-CH3-THF) et dans la viande (B₉, B₁₂ et homocystéine) ont été analysées en utilisant les techniques décrites par GUAY et al (2002a et b). Les niveaux de FRAP ont été déterminés selon la technique de BENZIE et al. (1999) avec des modifications mineures soient en utilisant 10 µL d'un homogénat de viande (2 g de viande dans 10 ml d'eau) ou 10 µL de plasma. Les niveaux de TBARS ont été mesurés comme suit : 0,5 ml d'un homogénat de viande (2 g de viande dans 10 ml d'eau) ou 50 µL de plasma ont été mélangé avec 500 µl d'une solution aqueuse d'acide 2-thiobarbiturique 20 mM et 25 µl d'acide perchlorique. Les tubes ont été chauffés 60 min à 100 °C et refroidis sur glace. Après extraction au butanol (0,5 ml), la phase organique a été lue à 535 nm.

1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées en utilisant la procédure MIXED de SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC) en blocs complets aléatoires avec la méthionine (C et M) et les traitements de vitamines (V0, V1 et V2) comme facteurs principaux. Des contrastes a priori (V0 vs V1 et V0 vs V2) ont été utilisés pour établir les comparaisons entre les différents traitements. Pour les mesures répétées dans le plasma (B₁₂, homocystéine et 5-CH3-THF) ou dans la viande (FRAP et TBAR), le temps a été ajouté comme sous-facteur de même que ses interactions avec les traitements. Les mêmes contrastes a priori ont été utilisés.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances de croissance

Le poids et l'épaisseur de lard dorsal étaient semblables entre tous les traitements au début de l'expérience (moyenne ± S.E.: 37,84 ± 0,4 kg et 10,82 ± 0,15 mm, respectivement). Pendant la phase de croissance, le gain moyen quotidien avait tendance à être plus élevé (P<0,08) de 4,9 % chez les porcs M comparativement aux C, un effet probablement relié au taux de conversion plus bas de 3,3 % chez les M que les C (P<0,05) (tableau 2).

Cet effet méthionine observé sur le taux de conversion suggère que le niveau de méthionine de l'aliment de base n'était pas optimum durant la phase de croissance. La diète de base excédait tout de même de 33 % le niveau recommandé par le NRC (1998), à 0,21 % pour un porc de 37 kg. Il est à noter que les conditions d'élevage (logement individuel et régime alimentaire) ont probablement permis une expression plus complète du potentiel génétique de ces animaux. Dans un tel cas, les besoins en méthionine pouvaient être accrus par rapport à des conditions d'élevage conventionnel en groupes. Par contre, durant la phase de finition, les besoins en méthionine semblaient comblés puisque aucun effet de la méthionine n'y est observé. Durant cette phase, cependant, l'ingéré alimentaire quotidien était 5,8 % plus élevé (P<0,05)

Tableau 2 - Influence des suppléments de vitamines et de méthionine sur les performances de croissance des porcs durant les périodes de croissance et de finition

Méthionine (g/kg)		C (0)			M (2)			SE
B ₉ :B ₁₂ (ppm: ppb)		V0 (0:0)	V1 (10:25)	V2 (10:150)	V0 (0:0)	V1 (10:25)	V2 (10:150)	
Poids vif (kg)								
Initial	J0	38,0	38,4	37,8	38,0	37,6	37,3	0,4
Fin croissance	J28	66,1	67,4	66,4	67,5	68,0	67,0	0,6
Fin finition	J56 ^a	95,2	97,1	96,3	96,7	99,9	95,6	0,8
Gras dorsal mm								
Initial	J0	10,8	10,8	10,9	10,9	10,5	11,1	0,1
Fin croissance	J28 ^b	12,4	12,2	12,9	12,4	11,7	13,5	0,2
Fin finition	J56	17,2	17,2	18,1	16,8	16,2	17,2	0,3
Prise alimentaire quotidienne moyenne (PAQ) (kg/jour)								
Période croissance	(J0-J28)	2,48	2,48	2,43	2,48	2,47	2,52	0,3
Période finition	(J28-J56) ^c	3,12	3,23	3,18	3,08	3,33	3,02	0,04
Gain moyen quotidien (GMQ) (kg/jour)								
Période croissance	(J0-J28) ^d	1,00	1,04	1,02	1,05	1,09	1,06	0,01
Période finition	(J28-J56) ^e	1,04	1,06	1,07	1,04	1,14	1,02	0,01
Taux de conversion (PAQ/GMQ)								
Période croissance	(J0-J28) ^f	2,49	2,41	2,4	2,36	2,29	2,39	0,02
Période finition	(J28-J56)	3,01	3,07	2,98	2,96	2,93	2,98	0,03

^aV0 vs V1, P<0,09 ^b Vitamines, P<0,046 ^c V0 vs V1, P<0,053 ^d Méthionine, P<0,079 ^e V0 vs V1, P<0,068 ^f Méthionine, P<0,045

chez les porcs V1 comparativement aux porcs V0 et cet effet s'est reflété directement (5,7 %) (P<0,07) sur le gain moyen quotidien (tableau 2). Cette réponse tardive à l'acide folique avait déjà été observée par Matte et al (1993). A la fin de l'expérience, les porcs du groupe V1 avaient tendance à être plus lourds que ceux du groupe V0 (P<0,09) (tableau 2) et ceux du groupe combinant M et V1 ont atteint le poids d'abattage 5 jours plus tôt que les porcs du groupe V0 ne recevant pas de supplément de méthionine.

2.2. Mesures métaboliques

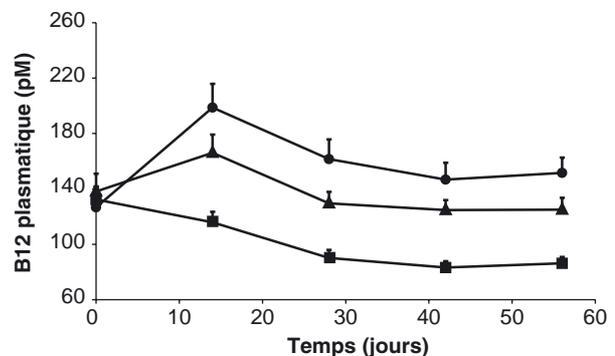
Aucun effet de traitement (méthionine et vitamines) n'a été observé sur les niveaux plasmatiques de méthionine (P>0,09), cystéine (P>0,9), FRAP (P>0,28) ou TBAR (P>0,26). En revanche, un effet de temps a été observé pour toutes ces variables (P<0,01).

Pour les porcs du traitement V0, les niveaux plasmatiques de B₁₂ diminuent (P<0,01) de 179,4 ± 13,8 to 122,2 ± 8,1 pM pendant la phase de croissance puis demeurent constants par la suite. Dans les groupes V1 et V2, la B₁₂ plasmatique augmente durant les deux premières semaines (P<0,01) et diminue par la suite pour atteindre un plateau durant la phase de finition. Globalement, les concentrations pour les traitements V1 et V2 sont respectivement 40 % et 80 % plus élevées que pour V0 (P<0,01) (figure 1).

La concentration plasmatique de 5-CH₃-THF des porcs du groupe V0 a diminué de 19,1 ± 2,9 à 11,7 ± 1,6 nM durant la phase de croissance et est demeurée stable par la suite. Pour les porcs V1, une augmentation a été observée durant

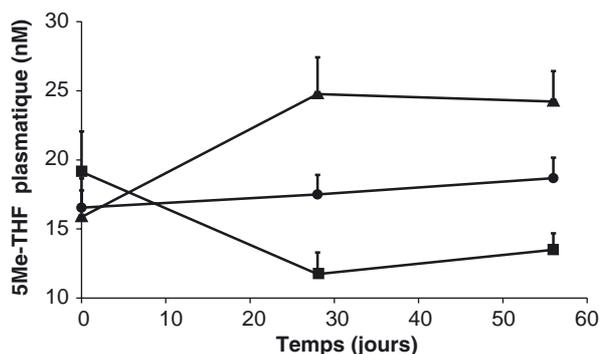
la phase de croissance et les valeurs se sont stabilisées par la suite (V0 vs V1, P<0,01). Pour les porcs V2, les niveaux plasmatiques de 5-CH₃-THF sont demeurés stables pour toute la période expérimentale (V0 vs V2, P<0,04) à une concentration intermédiaire entre celles des groupes V0 et V1 (figure 2). Ces concentrations plus basses de 5-CH₃-THF pour le groupe V2 comparativement à V1 reflètent probablement une augmentation de l'utilisation de ce métabolite en présence d'un apport plus important de vitamine B₁₂.

Les concentrations plasmatiques d'homocystéine ont diminué durant la phase de croissance. Cette baisse était plus pro-



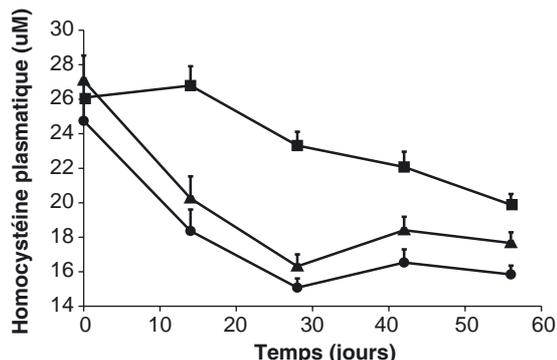
Les traitements de vitamines sont :
V0 (B₉(0)B₁₂(0)) : ■, V1 (B₉(10)B₁₂(25)) : ▲, V2(B₉(10)B₁₂(150)) : ●,
Moyenne ± SE. (effet temps, P<0,01 ; effet V0 vs V1, P<0,01 ;
effet V0 vs V2, P<0,01 ; interaction vitamine x temps, P<0,01)

Figure 1 - Évolution des concentrations plasmatiques de vitamine B₁₂ chez le porc durant les phases de croissance et de finition en fonction des suppléments alimentaires de B₉ (ppm) et B₁₂ (ppb)



Les traitements de vitamines sont :
 V0 (B₉(0)B₁₂(0)) : ■, V1 (B₉(10)B₁₂(25)) : ▲, V2 (B₉(10)B₁₂(150)) : ●,
 Moyenne ± SE. (effet temps, P<0,01 ; effet V0 vs V1, P<0,01 ;
 effet V0 vs V2, P<0,04 ; interaction vitamine x temps, P<0,02)

Figure 2 - Évolution des concentrations plasmatiques de 5-CH₃-THF chez le porc durant les phases de croissance et de finition en fonction des suppléments alimentaires de B₉ (ppm) et B₁₂ (ppb)



Les traitements de vitamines sont :
 V0 (B₉(0)B₁₂(0)) : ■, V1 (B₉(10)B₁₂(25)) : ▲, V2 (B₉(10)B₁₂(150)) : ●,
 Moyenne ± SE. (effet temps, P<0,01 ; effet V0 vs V1, P<0,01 ;
 effet V0 vs V2, P<0,001 ; interaction vitamine x temps, P<0,01)

Figure 3 - Évolution des concentrations plasmatiques d'homocystéine chez le porc durant les phases de croissance et de finition en fonction des suppléments alimentaires de B₉ (ppm) et B₁₂ (ppb)

Tableau 3 - Influence des suppléments de vitamines et de méthionine sur le statut antioxydant et les concentrations de vitamines B₉ et B₁₂ de la viande de porcs conservée dans un emballage CRYOVAC et entreposée à 1°C à l'abri de la lumière

Méthionine (g/kg)	C (0)			M (2)			SE
	V0 (0:0)	V1 (10:25)	V2 (10:150)	V0 (0:0)	V1 (10:25)	V2 (10:150)	
B₉:B₁₂ (ppm: ppb)							
Vitamines et homocystéine dans le longissimus dorsi au jour 0 (J0)							
B ₉ (ng/g de tissu) ^a	19,6	22,2	22,2	16,5	21,6	25,1	1,0
B ₁₂ (pg/ g de tissu) ^b	2564	3631	4036	2665	3682	4089	99
Hcy (nmole/ g de tissu) ^c	6,84	6,92	5,61	9,73	6,01	6,53	0,38
FRAP (ug d'antioxydant/g de tissu)							
Foie ^d J0	7,37	7,50	8,10	7,46	7,60	7,75	0,13
Psoas major ^e J0	0,87	0,92	0,92	0,91	0,89	0,86	0,01
J21	0,72	0,76	0,71	0,73	0,66	0,70	0,01
J42	0,72	0,70	0,67	0,72	0,68	0,68	0,01
Longissimus dorsi ^f J0	0,68	0,69	0,67	0,68	0,69	0,66	0,01
J14	0,67	0,69	0,64	0,67	0,63	0,61	0,02
J28	0,61	0,61	0,57	0,58	0,61	0,60	0,01
J42	0,67	0,64	0,64	0,65	0,64	0,63	0,01
TBARS (ug MDA^g/kg tissu)							
Foie ^h J0	5,80	5,16	5,13	4,77	5,5	4,24	0,21
Psoas major ⁱ J0	0,57	0,58	0,67	0,62	0,66	0,56	0,01
J21	0,64	0,63	0,59	0,63	0,64	0,63	0,01
J42	0,62	0,63	0,67	0,62	0,69	0,58	0,01
Longissimus dorsi ⁱ J0	0,48	0,49	0,47	0,46	0,51	0,47	0,01
J14	0,45	0,44	0,45	0,45	0,47	0,44	0,01
J28	0,45	0,42	0,55	0,48	0,50	0,45	0,01
J42	0,47	0,46	0,45	0,46	0,54	0,43	0,02

^a V0 vs V1, P<0,06 ; V0 vs V2, P<0,02 ^b V0 vs V1 P<0,001 ; V0 vs V2, P<0,001 ^c Vitamines, P<0,05 ; V0 vs V1, P<0,068 ; V0 vs V2 P<0,02

^d Analysé après un an à -20 C ; V0 vs V2, P<0,086 ^e Temps d'entreposage, P<0,001 ; V0 vs V2, P<0,05 ; Méthionine X V0 vs V1, P<0,02

^f Temps d'entreposage, P<0,001 ; V0 vs V2, P<0,04

^g MDA = Malonyldialdéhyde,

^h Analysé après un an à -20 C, Vitamines, P<0,14 ; V0 vs V2, P<0,13 ; V0 vs V1 vs Met, P<0,11

ⁱ Méthionine X vitamines X Temps d'entreposage, P<0,01

^j Temps d'entreposage, P<0,002 ; Méthionine X Vitamine X Temps d'entreposage, P<0,06

noncée pour les groupes V1 et V2 comparativement au groupe V0 ($P < 0,01$) (figure 3). Les effets du traitement V2 sur l'utilisation des folates ne semblent donc pas se refléter sur le pool plasmatique d'homocystéine. Tout comme chez la truie (GUAY et al, 2002a) la concentration plasmatique d'homocystéine a diminué suite aux suppléments alimentaires de B₉ et de B₁₂ mais elle demeure tout de même deux fois plus élevée que chez l'humain et la vache. Cette différence entre espèces demeure à ce jour inexpliquée ; des travaux seront entrepris sous peu dans nos laboratoires afin d'explorer des pistes d'explication.

2.3. Qualité de la viande

Les concentrations de vitamine B₉ dans le *longissimus dorsi* (ng/g) étaient plus basses pour les porcs du groupe V0 ($17,92 \pm 1,14$) comparativement aux porcs du groupe V1 ($21,95 \pm 1,48$) ($P < 0,06$) et V2 ($23,65 \pm 2,13$) ($P < 0,01$). Les concentrations de vitamine B₁₂ dans la viande augmentaient avec le niveau de B₁₂ de l'aliment. Les valeurs (pg/g) pour le groupe V0 étaient plus basses ($2618 \pm 126,6$) que pour le groupe V1 ($3656,1 \pm 110,9$) ($P < 0,01$) et V2 (4062 ± 121) ($P < 0,01$) (Tableau 3). Des suppléments alimentaires de vitamine B₉ et B₁₂ apparaissent comme une stratégie efficace

pour enrichir la viande en ces vitamines ; les niveaux de B₉ et de B₁₂ dans la viande étaient respectivement de 22 % et 55 % plus élevés chez les porcs V2 comparativement à V0. Pour V0, V1 et V2, respectivement, une portion de viande fournirait 16,4 %, 22,9 % et 25,4 % de l'apport quotidien en vitamine B₁₂ recommandé pour une personne de plus de 2 ans (AQR). Quant aux concentrations d'homocystéine dans le *longissimus dorsi*, elles ont été influencées par l'apport alimentaire en vitamines ($P < 0,05$). Les valeurs moyennes pour les groupes V0, V1 et V2 ont été respectivement $8,33 \pm 0,87$, $6,53 \pm 0,47$ et $6,08 \pm 0,43$ nmoles/g de tissu frais. Cet effet marqué représente une diminution de 27 % entre les traitements V0 et V2. La quantité d'homocystéine par portion de viande passe de 141 à 110 et 103 ug pour les traitements V0, V1 et V2, respectivement, un impact dont l'importance pour la nutrition et la santé humaine reste à déterminer.

Les valeurs de FRAP ont diminué avec le temps d'entreposage ($P < 0,001$) pour les deux muscles étudiés, LD et PS. Les valeurs de FRAP du PS étaient plus basses avec V1 que V0 chez les porcs supplémentés en méthionine (méthionine X vitamines (V0 vs V1), $P < 0,02$). Pour le LD, les valeurs de FRAP étaient plus basses ($P < 0,04$) dans le groupe V2 que le

Tableau 4 - Influence des suppléments de vitamines et de méthionine durant la période de croissance et de finition sur la couleur de la viande conservée dans un emballage CRYOVAC et entreposée à 1°C à l'abri de la lumière

Méthionine (g/kg)		C (0)			M (2)			SE
		V0 (0:0)	V1 (10:25)	V2 (10:150)	V0 (0:0)	V1 (10:25)	V2 (10:150)	
<i>Psoas major</i>								
L* value ^a	J0	44,6	43,7	44,1	43,7	45,7	45,6	0,3
	J21	44,5	44,2	44,4	44,2	46,4	45,2	0,3
	J42	44,3	43,9	44,8	43,1	46,3	45,5	0,4
a* value ^b	J0	16,5	16,9	17,6	16,4	17,5	15,9	0,2
	J21	18,1	17,9	17,1	17,4	17,1	17,3	0,2
	J42	17,4	16,7	17,1	16,7	17,2	15,9	0,2
b* value ^c	J0	7,40	7,94	7,97	7,80	8,48	7,39	0,17
	J21	9,41	8,88	9,10	8,85	9,98	9,17	0,21
	J42	9,76	8,85	9,60	8,86	10,28	9,01	0,17
<i>Longissimus dorsi</i>								
L* value ^d	J0	50,6	50,7	50,6	49,2	49,8	50,4	0,4
	J14	52,8	53,3	54,8	53,4	55,7	52,0	0,4
	J21	53,6	52,2	54,8	53,5	55,4	54,0	0,4
	J42	53,8	55,0	54,1	53,9	55,3	53,3	0,3
a* value ^e	J0	7,4	7,6	6,9	6,8	7,2	6,5	0,2
	J14	8,6	8,7	7,8	8,6	8,3	7,3	0,1
	J21	8,5	8,6	7,9	8,6	8,1	7,5	0,2
	J42	9,5	9,5	9,0	9,7	9,3	8,6	0,2
b* value ^f	J0	5,2	5,1	5,0	4,6	4,7	4,6	0,1
	J14	7,1	7,0	7,2	7,2	7,5	6,0	0,2
	J21	7,3	6,9	7,0	7,2	7,3	6,7	0,1
	J42	7,8	8,0	7,5	7,9	7,7	7,2	0,1

^a Méthionine X V0 vs V1, $P < 0,02$

^b Temps d'entreposage, $P < 0,08$; Méthionine, $P < 0,07$

^c Temps d'entreposage, $P < 0,001$; Méthionine X V0 vs V1, $P < 0,05$

^d Temps d'entreposage, $P < 0,001$; Méthionine X Vitamines X Temps d'entreposage, $P < 0,03$

^e Temps d'entreposage, $P < 0,001$; Méthionine $P < 0,06$; V0 vs V2, $P < 0,006$;

^f Temps d'entreposage, $P < 0,001$; Méthionine X Vitamines X Temps d'entreposage, $P < 0,06$

groupe V0, quelque soit l'apport en méthionine. Quant aux valeurs de TBAR, en dépit d'une tendance (méthionine X vitamine X temps d'entreposage, $P < 0,06$), l'amplitude des différences est petite et a probablement peu d'impact biologique (tableau 3).

Toutes les variables reliées à la couleur (L^* , a^* et b^*) ont changé durant l'entreposage ($P < 0,01$) à l'exception de la valeur L^* pour PS (tableau 4). Après 42 jours d'entreposage, L^* , a^* et b^* ont augmenté de 8,1 %, 31 % et 57 % respectivement pour LD et de 0,2 %, 0,3 % et 20 % pour PS. Les traitements ont influencé les valeurs de a^* pour LD ; $8,48 \pm 0,16$ pour V0 et $7,69 \pm 0,14$ pour V2 ($P < 0,01$) et $8,33 \pm 0,13$ et $8,06 \pm 0,09$ pour les groupes C et M ($P < 0,06$). Pour PS, la valeur a^* avait tendance à être plus basse ($P < 0,07$) de $17,3 \pm 0,2$ dans le groupe C à $16,8 \pm 0,1$ dans le groupe M. Pour PS, certains effets ont également été observés (méthionine X V0 vs V1, $P < 0,05$) pour les valeurs de L^* et b^* (tableau 4).

En somme, il semble que les effets marqués des traitements sur le contenu en homocystéine de la viande n'aient pas eu d'impact majeur sur les différents critères utilisés pour estimer la qualité de la viande et sa stabilité à l'oxydation.

CONCLUSION

En conclusion, l'addition de méthionine synthétique en phase de croissance et de suppléments de B_9 et B_{12} en phase de finition ont amélioré les performances de croissance. Par contre, bien que les traitements alimentaires aient eu peu d'impact sur la qualité de la viande et sa stabilité oxydative, les suppléments alimentaires de B_9 et de B_{12} ont permis d'enrichir la viande en ces deux vitamines et d'en diminuer le contenu en homocystéine.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier de leur collaboration technique M. Guillette (1) et l'équipe d'animaliers sous la supervision de D. Morissette (1) et pour leurs soutiens professionnel et logistique, Mike Blair (Adisseo), Michel Vignola (Shur-Gain, Maple Leaf) et Denis Levasseur (Aliments Lucyporc). Ce projet a été rendu possible grâce au support financier d'Ontario Pork, Adisseo, Maple Leaf (Shur Gain), Aliments Lucyporc et du Programme de partage des frais pour l'investissement d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BELL J.M., WILLIAMS H.H., LOOSLI J.K., MAYNARD L.A., 1950. *J. Nutr.*, 40, 551-561.
- BENZIE I.F., Strain J.J., 1999, *Methods Enzymol* 299, 15-27.
- BOUSHEY C.J., BERESFORD S.A.A., OMENN G.S., 1995. *JAMA*. 274,1049-1057.
- CHEN C., HALKOS M.E., SUROWIEC S.M., CONKLIN B.S., LIN P.H., LUMSDEN A.B., 2000. *J. Surg. Res.*, 88, 26-33.
- CHUNG T.K., IZQUIERDO A., HASHIMOTO K., BAKER D.H., 1989. *J. Anim. Sci.* 67, 2677-2683
- FINKELSTEIN J.D., 1990. *J. Nutr. Biochem.*, 1, 228-237
- GIRARD C. L., LAPIERRE, H., MATTE, J.J., LOBLEY, G.E., 2004. *J. Dairy Sci.* 87, (sous presse).
- GUAY F., MATTE J.J., GIRARD C.L., PALIN M.F., GIGUÈRE A., LAFOREST J.-P. 2002a. *Brit. J. Nutr.*, 88, 253-263.
- GUAY F., MATTE J.J., GIRARD C.L., PALIN M.F., GIGUÈRE A., LAFOREST J.-P. 2002b. *J. Anim. Sci.*, 80, 2134-2143.
- MATTE, J. J., GIRARD, C. L., TREMBLAY, G.F., 1993. *J. Anim. Sci.* 71,151-157.
- NRC (National research Council). 1998. *Nutrient requirements of swine (10th ed.)* National Academy Press, Washington, DC.
- REFSUM H., UELAND P.M., NYGARD O., VOLLSET S.E., 1998. *Annu. Rev. Medecine*, 49,31-62
- ROLLAND P.H., FRIGGI A., BARLATIER A., PIQUET P., LATRILLE V., FAYE M. et al., 1995. *Circulation* 91,1161-1174.
- ROTH F.X., KIRCHGESSNER M., 1987. *J. Anim. Physiology. Anim. Nutr.*, 58, 267-280.
- RYU K.S., PESTI G.M., ROBERSON K.D., EITENMILLER R.R., 1995. *Poult. Sci.*, 74, 1465-1462.
- SHELTON D.C., BEESON W.M., MEITZ E.T., 1951. *J. Anim. Sci.*, 10, 57-64.
- STARKEBAUM G., HARLAN J.M., 1986 *J. Clin. Invest.*, 77, 1370-1376.
- TOBOREK M., KOPIECZNA-GRZEBIENIAK E., DROZDZ M., WIECZOREK M., 1996. *Nutrition*, 12, 534-537.
- WILLIAMS D.L., SPARY G.H., 1976. *Br. J. Nutr.*, 35, 299-307.