

Etude *in vitro* de l'effet de la concentration en enzymes fibrolytiques exogènes sur l'utilisation digestive des pulpes de tomates



IABC
International
TUNISIA 2015

K. ABID, H. YAICH, J. JABRI, A. MALEK, J. REKHIS, M. KAMOUN

École Nationale de Médecine Vétérinaire, Service d'alimentation et de nutrition animale: Sidi Thabet – Tunis, Tunisie.

* Auteur correspondant: mr.khalil.abid@gmail.com

Abstract-In the literature, studies concerning the effect of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal digestibility of by-products are very limited even absent for some by-products in particular of tomato pomace. In this context, we suggest to study the effect of such supplementation at different concentrations on digestibility of this by-product that is very abundant in Tunisia. Therefore, the gas production technique *in vitro* in the syringes was used to examine the fermentation characteristics. An enzymatic complex constituted by a mixture of cellulase and xylanase (1: 1, v / v) was used following increasing concentrations ($C_0 = 0$, $C_{1.2} = 1.2$, $C_{2.4} = 2.4$, $C_{4.8} = 4.8$, $C_{9.6} = 9.6$ and $C_{19.2} = 19.2$ mg / g DM). Compared to the control diet (untreated: C_0), the organic matter degradability, metabolizable energy and short-chain fatty acids are improved significantly ($P < 0.05$) only with $C_{1.2}$ concentration. With $C_{2.4}$ concentration, these parameters remain the same as the control diet ($P > 0.05$). On the other hand, with higher concentrations (from $C_{4.8}$ to $C_{19.2}$), these values decrease significantly ($P < 0.05$). That supplementation has no significant effect on most of the parameters of the kinetics of GP. It is only with the higher concentrations (from $C_{4.8}$ to $C_{19.2}$) the fermentation rate is reduced significantly. It appears from this study that exogenous fibrolytic enzymes influence rumen fermentation and the food value only in low concentration (1.2 mg) with higher concentrations, the effect is totally inverted.

Keywords: cellulase, xylanase, tomato pomace, digestibility

Résumé - Dans la littérature, les études qui concernent l'effet d'une supplémentation en enzymes fibrolytiques exogènes sur la digestibilité ruminale des sous-produits agroalimentaires restent très limitées voire même absentes pour quelques sous-produits notamment les pulpes de tomates. Dans ce contexte, nous proposons d'étudier l'effet d'une telle supplémentation à différentes concentrations sur l'utilisation digestive de ce sous-produit disponible en grandes quantités en Tunisie. De ce fait, la technique de production de gaz *in vitro* dans les seringues a été utilisée pour examiner les caractéristiques fermentaires de l'aliment. Un complexe enzymatique constitué d'un mélange de cellulase et de xylanase (1:1, v/v) a été utilisé suivant des concentrations croissantes ($C_0 = 0$, $C_{1.2} = 1.2$, $C_{2.4} = 2.4$, $C_{4.8} = 4.8$, $C_{9.6} = 9.6$ et $C_{19.2} = 19.2$ mg/ g MS). Par rapport à l'aliment témoin (non supplémenté : C_0), la digestibilité de matière organique, la teneur en énergie métabolisable et la production d'acides gras volatils se sont améliorées d'une manière significative ($P < 0.05$) uniquement avec la concentration $C_{1.2}$. Avec la concentration $C_{2.4}$, ces paramètres restent identiques à ceux de l'aliment témoin ($P > 0.05$). Par contre, avec des concentrations plus élevées (de $C_{4.8}$ à $C_{19.2}$), ces valeurs diminuent d'une manière significative ($P < 0.05$). On note que la supplémentation n'a pas d'effet significatif sur la plupart des paramètres de la cinétique de production de gaz quelle que soit la concentration du complexe. C'est uniquement avec les concentrations élevées (de $C_{4.8}$ à $C_{19.2}$) que la vitesse de fermentation a diminué d'une manière significative. Il ressort de cette étude que les enzymes fibrolytiques exogènes n'influencent la fermentation ruminale et la valeur alimentaire du sous-produit utilisé qu'avec une faible concentration (1.2 mg d'enzymes/ g de MS). Avec des concentrations plus élevées, l'effet est totalement inverse.

Mots clés: cellulase, xylanase, pulpes de tomate, digestibilité



1. Introduction

Les pulpes de tomates sont les résidus de l'industrie de fabrication du concentré de tomates qui représentent 5 à 10% du poids des tomates fraîches (Ventura et al. 2009). Ce sous-produit composé essentiellement de peaux, de pépins et de pédoncules, peut être parfois mélangé de feuilles et de tiges (Paragon et al. 2004). En Tunisie, la production de ce sous-produit est estimée à 34000 tonnes (Lebas 2010). Destiné essentiellement à l'alimentation des bovins, ce sous-produit peut être utilisé à l'état frais, ensilé ou encore déshydraté (Chumpawadee et al. 2007; Gupta et al. 1993; Weiss et al. 1997). Il est bien caractérisé par sa teneur non négligeable en protéines et sa faible digestibilité (Abbeddou et al. 2011). D'autre part, plusieurs études montrent l'effet bénéfique des enzymes fibrolytiques exogènes utilisées comme additifs alimentaires permettant d'améliorer l'utilisation digestive des aliments et les performances des animaux laitiers (Bassiouni et al. 2010; El-Bordeny et al. 2015; Holtshausen et al. 2011). Cependant, l'effet de ces enzymes reste dépendant de plusieurs facteurs notamment la nature du substrat, la concentration et le mode d'incorporation des enzymes (Holtshausen et al. 2011; Lewis et al. 1996). En effet, Lewis et al. (1996) ont montré que les enzymes demeurent plus efficaces lorsqu'elles sont directement pulvérisées sur l'aliment, que si elles sont incorporées dans le rumen. Toutefois, les études qui concernent l'effet d'une telle supplémentation sur l'utilisation digestive des sous-produits agroalimentaires restent très limitées voire même absentes pour quelques-uns notamment les pulpes de tomates. Le but de cette étude consiste à chercher la concentration optimale en enzymes fibrolytiques qui améliore nettement la valeur alimentaire des pulpes de tomates tout en utilisant la méthode *in vitro* décrite par Menke et Steingass (1988).

2. Matériel et méthodes

2.1. Collecte et analyses chimiques

Durant cette étude, les pulpes de tomates utilisées ont été collectées d'une usine de fabrication de concentré de tomates située dans les banlieues de Tunis. Les différents teneurs en matière sèche (MS), en matière organique (MO), en matières azotées totales (MAT), en cellulose brute (CB), en extrait étheré (EE), en matières minérales (MM), en calcium (Ca) et en phosphore (P) ont été déterminées suivant les méthodes décrites et adoptées par les AOAC (1990). La valeur énergétique de ce sous-produit (exprimée en UFL et en UFV) a été déterminée selon les équations de Sauvante (1981). De même, sa valeur nutritive azotée (exprimée en PDIN et en PDIE) a été prédite selon les équations proposées par Vérité et Sauvante (1981) tout en utilisant la solubilité des MAT proposée par Chapoutot et al. (1990).

2.2. Traitement par les enzymes fibrolytiques exogènes

Les pulpes de tomates ont été pulvérisées par un complexe enzymatique composé de deux enzymes commerciales qui sont la cellulase plus (ayant une activité en cellulase de 30000 à 36000 unités par g et en β -glucanase de 7500 à 10000 unités par g) et la xylanase plus (ayant une activité en xylanase de 34000 à 41000 unités par g, en β -glucanase de 12000 à 15000 unités par g et en cellulase de 45000 à 55000 unités par g). Ces deux enzymes (Dyadic International, Jupiter, FL, USA) qui sont extraites à partir *Trichoderma longibrachiatum*, ont été mélangées suivant les proportions (1:1/v/v) pour constituer le complexe enzymatique. Ce dernier a été utilisé suivant des concentrations croissantes comme suit : $C_0 = 0$, $C_{1.2} = 1.2$, $C_{2.4} = 2.4$, $C_{4.8} = 4.8$, $C_{9.6} = 9.6$ et $C_{19.2} = 19.2$ mg par g de MS d'échantillon.

2.3. Incubation *in vitro* : production de gaz dans les seringues :

La méthode *in vitro* décrite par Menke et Steingass (1988) a été utilisée pour étudier la cinétique de production de gaz dans des seringues en verre ayant une capacité de 100 ml. L'inoculum utilisé pour l'incubation est obtenu à partir du jus de rumen d'une vache de race Brown Swiss équipée d'une canule ruminale. Ayant subi une diète hydrique de 12 heures, cette femelle à l'entretien reçoit deux fois par jour une ration complète composée d'aliment concentré et de foin d'avoine. La collecte de jus du rumen a été réalisée avant le repas du matin par l'intermédiaire d'une pompe manuelle. Une fois filtré, le jus de rumen est mélangé avec la solution tampon de Menke et Steingass (1988) en proportion 1:2 (v/v) pour constituer l'inoculum d'incubation. Les seringues contenant une prise d'essai de 200 mg d'aliment et 30 ml d'inoculum ont été immédiatement fermées par des pinces, agitées et puis placées dans un incubateur à 39°C. Pour chaque seringue, la production de gaz a été enregistrée après

2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 et 96 heures d'incubation. Pour chaque point de cinétique, trois répétitions ont été prévues.

2.4. Calcul des paramètres étudiés :

L'ajustement des cinétiques de la production de gaz dans les seringues a été réalisé suivant le modèle décrit par France et al. (2000) et où les différents paramètres ont été estimés par la régression non linéaire du logiciel SAS (2003) :

$$PG(t) = b(1 - e^{-c(t-lag)})$$

PG = la production cumulative de gaz (ml/ 200 mg MS) à un temps d'incubation t
b = la production potentielle de gaz (ml/ 200 mg MS)
c = la vitesse de production de gaz (ml/ h)
lag : le temps de latence (h).

La digestibilité de la matière organique (dMO) et la teneur en énergie métabolisable (EM) ont été déterminées selon les équations spécifiques de Menke et Steingass (1988) suivantes :

$$dMO(\%) = 14.88 + 0.889 GP + 0.45 MAT + 0.0651MM$$

$$EM(MJ/kg MS) = 2.2 + 0.136 GP + 0.057 MAT + 0.0029 MAT^2$$

PG : est la production de gaz en ml / 200 mg de MS d'échantillon après 24 h d'incubation

MAT : est la teneur en matières azotées totales exprimée en % de la MS

MM : est la teneur en matière minérale exprimée en % de la MS

EE : est la teneur en extrait éthéré exprimée en % de la MS.

La production d'acides gras volatils (pAGV) a été calculée selon l'équation spécifique décrite par Getachew et al. (2002) :

$$pAGV(mmol/200 mg MS) = 0.00425 + 0.0222 GP$$

2.5. Analyse statistique

L'analyse des données a été basée sur l'utilisation de la procédure GLM du logiciel SAS (2003). Le test de Duncan ($\alpha = 0.05$) a été utilisé pour la comparaison des moyennes. Le modèle statistique utilisé est le suivant :

$$Y_{ij} = U + C_i + e_{ij}$$

Avec

Y_{ij} : l'observation i; U: moyenne générale; C_i : effet de concentration i; e_{ij} : erreur résiduelle.

3. Résultats et discussion

Les différents teneurs en MO, en MAT, en CB, en EE, en minéraux et extractifs non azotés (ENA) des pulpes de tomates étudiées sont présentées dans le tableau 1. Ces valeurs peuvent être plus ou moins similaires avec celles trouvées par Denek et Can (2006), Gupta et al. (1993) et Peiretti et al. (2012), mais différentes de celles trouvées par Fondevila et al. (1994), Maheri-Sis et al. (2012) et Weiss et al. (1997). Cette variabilité, constatée d'une étude à une autre, est due non seulement à l'aspect variétal des tomates d'origine, mais aussi aux différentes méthodes de presse utilisées lors de la fabrication du concentré de tomates (Salajegheh et al. 2012). Les pulpes de tomates obtenues diffèrent ainsi par leurs teneurs en peaux, en pépins, en pédoncules et même en feuilles. De même, la variabilité des teneurs en minéraux peut être éventuellement due à une contamination des tomates par le sol (Mirzaei-Aghsaghali et al. 2011).

Tableau 1 : la composition chimique (% par rapport à la MS) et la valeur nutritive des pulpes de tomates étudiées

MS (MB)	MO	MAT	EE	CB	ENA	MM	Ca	P	UFL/kg MS	UFV/kg MS	PDIN (g/kg MS)	PDIE (g/kg MS)
22.7	94.4	19.8	9.9	35.5	29.2	5.6	0.5	0.4	0.65	0.52	135.77	107.91

D'autre part, et comme le montrent les résultats du tableau 2, la supplémentation en enzymes fibrolytiques exogènes n'a pas d'effet significatif sur les quantités de gaz produites pendant les 8

premières heures d'incubations, quelle que soit la concentration d'enzymes utilisée. Ce n'est qu'après 24 heures d'incubation et avec une faible concentration ($C_{1.2}$) que cette supplémentation commence à améliorer la production de gaz. En revanche, avec des concentrations plus élevées, l'effet de cette supplémentation devient totalement inverse (de $C_{2.4}$ à $C_{19.2}$).

Tableau 2: Effet de la concentration en enzymes fibrolytiques sur la production de gaz des pulpes de tomates (en ml/ 200 mg MS).

C	2	4	6	8	12	24	48	72	96
C_0	0	0	0.417	1.083	5.083 ^{ab}	13.25 ^b	16.5 ^{ab}	18.667 ^{ab}	19.167 ^{ab}
$C_{1.2}$	0.083	0.083	0.417	1.583	5.417 ^a	17.75 ^a	21.167 ^a	23.5 ^a	23.667 ^a
$C_{2.4}$	0.083	0.25	0.417	1.417	3.583 ^{bc}	13.083 ^b	16 ^{ab}	18 ^b	18.667 ^{ab}
$C_{4.8}$	0.083	0.083	0.25	1.083	2.917 ^c	7.417 ^c	14 ^b	16.333 ^b	17.5 ^b
$C_{9.6}$	0.083	0.25	0.25	0.583	2.75 ^c	5.75 ^c	11.833 ^b	13.5 ^b	15.33 ^b
$C_{19.2}$	0.083	0.083	0.25	0.917	3.417 ^{bc}	6.25 ^c	12.333 ^b	15.176 ^b	16.33 ^b
ESM	0.111	0.08	0.166	0.33	0.944	4.819	9.83	7.833	8.65
P	0.771	0.366	0.976	0.391	0.023	<.0001	0.032	0.014	0.057

^{a,b,c}: les moyennes situées dans la même colonne avec différents exposants sont différentes ($p < 0,05$)
 C: concentration en mg / g MS

L'ajustement de cinétique de production de gaz montre que l'effet de la supplémentation en enzymes fibrolytiques exogènes n'est bénéfique qu'à faible concentration ($C_{1.2}$) (figure 1).

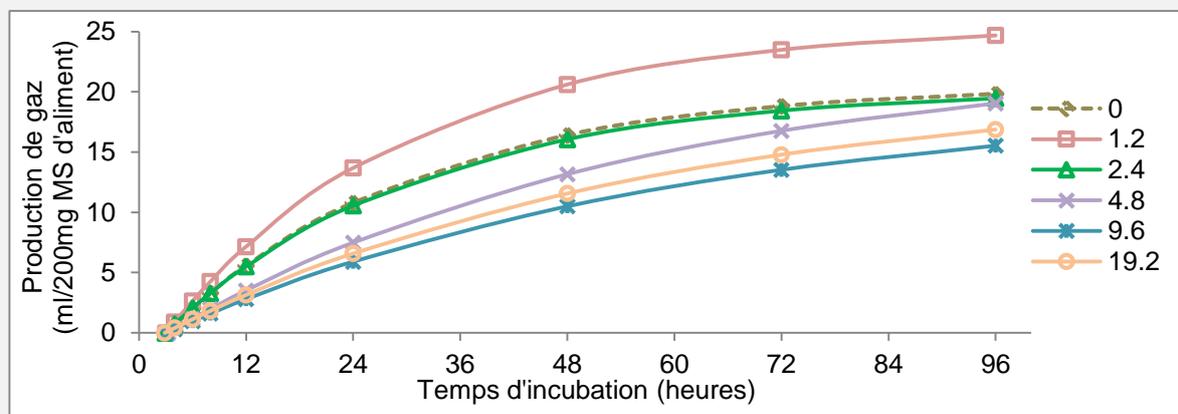


Figure 1. Effet de la concentration en enzymes fibrolytiques sur la cinétique de production de gaz des pulpes de tomates (ajustement selon le modèle de France et al. 2000)

$C_0 = 0$, $C_{1.2} = 1.2$, $C_{2.4} = 2.4$, $C_{4.8} = 4.8$, $C_{9.6} = 9.6$ et $C_{19.2} = 19.2$ mg par g de MS

On remarque que cette supplémentation n'a pas d'effet significatif sur la plupart des paramètres de la cinétique de production de gaz quelle que soit la concentration du complexe. C'est uniquement avec des concentrations élevées (de $C_{4.8}$ à $C_{19.2}$) que la vitesse de fermentation diminue d'une manière significative, ce qui explique l'effet inverse de cette supplémentation (tableau 3).

Tableau 3: Effet de la concentration des enzymes fibrolytiques sur les paramètres de production de gaz

C	b	c	lag
C ₀	20.60	0.0355 ^a	3.095
C _{1.2}	25.53	0.0366 ^a	3.019
C _{2.4}	20.24	0.0350 ^a	2.944
C _{4.8}	22.99	0.0190 ^b	3.271
C _{9.6}	19.42	0.0173 ^b	3.042
C _{19.2}	20.90	0.0197 ^b	2.887
ESM	4.41	0.006	0.37
P	0.579	0.004	0.97

^{a,b,c}: Les moyennes situées dans la même colonne avec différents exposants sont différentes (p < 0,05)

C: concentration en mg / g MS ; b: production potentielle de gaz (ml/200 mg MS) ; c: vitesse moyenne de production de gaz (ml/h) ; lag: temps de latence

Les pulpes de tomates utilisées dans cette étude se caractérisent par une dMO de l'ordre de 35.9%. Ce résultat concorde bien avec ceux trouvés par Chumpawadee et al. (2007) qui varient de 32.7% après 24 h d'incubation à 36.7% après 96 h d'incubation. Par contre, il se trouve nettement plus faible que celui déterminé par Maheri-Sis et al. (2012) qui est de 53.2%. Quant à la valeur énergétique, ces pulpes se caractérisent par une EM de 6.27 MJ / kg MS. Cette teneur se trouve aussi intermédiaire entre la valeur de 4.9 MJ/ kg MS trouvée par Chumpawadee et al. (2007) et la valeur de 8.0 MJ/ kg MS trouvée par Maheri-Sis et al. (2012). D'autre part, et comme le montrent les résultats du tableau 4, la supplémentation en enzymes fibrolytiques exogènes avec la faible concentration C_{1.2} améliore d'une manière hautement significative la dMO, la tEM et la pAGV des pulpes des tomates étudiées.

Tableau 4: Effet de la concentration des enzymes fibrolytiques exogènes sur la digestibilité de la matière organique, l'énergie métabolisable et la production des acides gras volatils

C	dMO	EM	pAGV
0	35.94 ^b	6.27 ^b	0.2899 ^b
1.2	39.94 ^a	6.88 ^a	0.3898 ^a
2.4	35.80 ^b	6.25 ^b	0.2862 ^b
4.8	30.76 ^c	5.48 ^c	0.1604 ^c
9.6	29.28 ^c	5.25 ^c	0.1234 ^c
19.2	29.72 ^c	5.32 ^c	0.1345 ^c
ESM	1.95	0.299	0.04873
P	<.0001	<.0001	<.0001

^{a, b, c} Les lettres différentes sur la même colonne indiquent des valeurs statistiquement différentes

C: concentration en mg / g MS; DMO: la digestibilité de la matière organique en %, EM: la teneur en énergie métabolisable en MJ/ Kg MS, pAGV: la production des acides gras volatils en mmol/200 ms

Cette amélioration pourrait être expliquée par le fait que les cellulases et les xylanases agissent directement sur les liaisons β1-4 de la cellulose et de l'hémicellulose pour libérer des sucres solubles (Bhat et Hazelwood 2001). De même, l'utilisation de ces enzymes fibrolytiques modifie la structure du substrat en augmentant les surfaces de contact avec les microorganismes du rumen (Sprey et Bochem 1992). L'attachement de ces microorganismes favorise ainsi une meilleure digestibilité du substrat (Morgavi et al. 2004 ; Wang et al. 2012). Cependant, les concentrations élevées de C_{4.8} à C_{19.2}

présentent un effet totalement inverse. Ceci pourrait être lié à une éventuelle concurrence entre les enzymes fibrolytiques et les microorganismes pour occuper les sites de fixation. En effet, Morgavi et al. (2004) ont observé une réduction de l'attachement bactérien sur le substrat suite à l'utilisation de concentrations très élevées en enzymes.

4. Conclusion

Pour des sous-produits agroalimentaires relativement riches en cellulose et en matières azotées, comme les pulpes des tomates, la supplémentation en enzymes fibrolytiques exogènes n'améliore l'utilisation digestive et la valeur énergétique du substrat qu'avec une faible concentration (1.2 mg d'enzymes / g de MS). Avec des concentrations plus élevées, l'effet devient totalement inverse.

Acknowledgments : Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet D3.10.27 CRP financé par l'IAEA.

5. Références

- Abbeddou S, Riwhi S, Inguez L, Zaklouta M, Hess HD, Kreuzer M (2011)** Ruminant degradability, digestibility, energy content, and influence on nitrogen turnover of various Mediterranean by-products in fat-tailed Awassi sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 163: 99-111
- AOAC (1990)** Official methods of analysis association of official analytical Chemists Washington DC
- Bassiouni MI, Gaafar HMA, Mohi El-Din AMA, Metwally AM, Elshora MAH (2010)** Evaluation of rations supplemented with fibrolytic enzyme on dairy cows performance 3. Productive performance of lactating Friesian cows. *Livestock Research for Rural Development* 22 (6)
- Bhat MK, Hazlewood GP (2001)** Enzymology and other characteristics of cellulases and xylanases. In: *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 11–60
- Chapoutot P, Ternois F, Sauvart D (1990)** Influence de l'azote des constituants pariétaux sur la dégradabilité *in sacco* de l'azote des aliments. *Reproduction Nutrition Développement* 2 :149-150.
- Chumpawadee S, Chantiratikul A, Chantiratikul P (2007)** chemical compositions and nutritional evaluation of energy feeds for ruminant using in vitro gas production technique. *Pakistan Journal of Nutrition* 6: 607-612.
- Denek N, Can A (2006)** Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. *Small Ruminant Research* 65: 260–265.
- El-Bordeny NE, Abedo AA, El-Sayed HM, Daoud EN, Soliman HS, Mahmoud AEM (2015)**. Effect of exogenous fibrolytic enzyme application on productive response of dairy cows at different lactation stages. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10: 226-236
- Fondevila M, Guada JA, Gasa J, Castrillo C (1994)** Tomato pomace as a protein supplement for growing lambs. *Small Ruminant Research* 13: 117-126
- France J, Dijkstra J, Dhanoa MS, Lopez S, Bannink A (2000)** Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: derivation of models and other mathematical considerations. *British J. Nutr.* 83, 143–150.
- Getachew G, Makkar HPS, Becker K (2002)** Tropical browses: contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. *J Agr Sci* 139: 341–352.
- Gupta R, Chauhan TR, Lall D (1993)** Nutritional potential of vegetable waste products for ruminants. *Bioresource Technology* 44:263-265.
- Holtshausen L, Chung YH, Gerardo-Cuervo H, Oba M, Beauchemin KA (2011)** Improved milk production efficiency in early lactation dairy cattle with dietary addition of a developmental fibrolytic enzyme additive. *J. Dairy Sci.* 94: 899–907.
- Lebas F. (2010)** Possibilités d'incorporation des matières premières locales dans l'alimentation des lapins en Tunisie. Séminaire Tunis- 9 décembre 2010 p 1-6.
- Lewis GE, Hunt CW, Sanchez WK, Treacher R, Pritchard GT, Feng P. (1996)** Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage-based diet fed to beef steers. *J Anim. Sci.* 74:3020–3028
- Maheri-Sis N, Chamani M, Sadeghi AA, Mirzaaghazadeh A, Nazeradl K, Aghajanzadeh-Golshani A. (2012)**. Effects of drying and ensiling on in situ cell wall degradation kinetics of tomato pomace in ruminant. *Asian Journal of Animal Sciences* 6: 196-202
- Menke KH, Steingass H (1988)** Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28: 7–55.

- Mirzaei-Aghsaghali A, Maheri-sis N, Mansouri H, Razeghi ME, Safaei AR, Aghajanzadeh-Golshani A, Alipoor K (2011)** Estimation of the nutritive value of tomato pomace for ruminant using *in vitro* gas production technique. African Journal of Biotechnology 10: 6251-6256.
- Morgavi DP, Beauchemin KA, Nsereko VL, Rode LM, McAllister TA, Wang Y (2004)** Trichoderma enzymes promote Fibrobacter succinogenes S85 adhesion to, and degradation of, complex substrates but not pure cellulose. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84: 1083-1090.
- Paragon BM, Andrieu JP, Brunshwig P, Brunshwig F, Griess D, Heuchel V, Piriou B, Weiss F, Valentin S (2004)** Bonnes pratiques de fabrication de l'ensilage pour une meilleure maîtrise des risques sanitaires. Agence française de sécurité des alimentaire des aliments. Maisons-Alfort cedex
- Peiretti PG, Gai F, Rotolo L, Gasco L (2012)** Effects of diets with increasing levels of dried tomato pomace on the performances and apparent digestibility of growing rabbit. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances 7: 521-527.
- Salajegheh MH, Ghazi S, Mahdavi R, Mozafari O (2012)** Effects of different levels of dried tomato pomace on performance, egg quality and serum metabolites of laying hens. African Journal of Biotechnology 11: 15373-15379
- SAS (2003)** SAS/STAT user's guide, version 9.1. SAS Institute Cary, North Carolina, USA
- Sauvant D (1981)** Prévission de la valeur énergétique des aliments concentrés et composés pour les ruminants. In: Prévission de la valeur nutritive des aliments les ruminants, Edition INRA, pp: 237-258
- Sprey B, Bochem HP (1992)**. Effect of endoglucanase and cellobiohydrolase from Trichoderma reesei on cellulose microfibril structure. FEMS Microbiol Lett 97:113-117
- Ventura MR, Pieltain MC, Castanon JIR (2009)** Evaluation of tomato crop by-products as feed for goats. Animal Feed Science and Technology 154: 271-275
- Vérité R, Sauvant D (1981)** Prévission de la valeur nutritive azoté des aliments concentrés pour les ruminants. In: Prévission de la valeur nutritive des aliments les ruminants, Edition INRA, pp: 279-296
- Wang Y, Ramirez-Bribiesca JE, Yanke LJ, Tsang A, McAllister TA (2012)** Effect of exogenous fibrolytic enzyme application on the microbial attachment and digestion of barley straw *in vitro*. Asian - Aust. J. Anim. Sci. 25: 66-74
- Weiss WP, Frobose DL, Koch M.E (1997)** Wet tomato pomace ensiled with corn plants for Dairy Cows. J. Dairy Sci. 80: 28967- 2900.