

Etude originale

JAAN

Influence du débit des tétines sur la digestion et la performance du veau dans les systèmes d'alimentation de lait disponibles dans le commerce

Q1 R. McInnes*, D. McInness, R. Papworth et A. McIntyre

McInness Manufacturing, 54 Cove Road, Waipu, Whangara 0510, Nouvelle Zélande

Résumé

Soixante douze veaux femelles frisonnes de 1 jour ont été nourries au lait entier, au moyen de tétines standards ou à débit lent sur les systèmes d'alimentation disponibles dans le commerce (Milkbar, McInness Manufacturing, 54 Cove Road, Waipu, Whangara 0510, Nouvelle Zélande) pendant 42 jours. Pendant toute la période, le temps d'alimentation des veaux nourris sur les systèmes de tétine à débit standard était plus court de moitié que le temps d'alimentation passé sur les tétines à débit lent. La quantité ingérée était numériquement supérieure pour les veaux nourris aux tétines à débit lent. Au 42^{ème} jour, les veaux nourris aux tétines à débit lent présentaient une nette avance en termes de gain de poids journalier. A l'âge de 14 jours, des différences dans la coagulation étaient visibles à l'œil dans la caillette des veaux abattus, les animaux nourris sur les tétines à débit rapide présentant de larges amas de lait caillé entourés de liquide aqueux, alors que sur les veaux nourris sur tétines à débit lent la coagulation était faite de particules beaucoup plus fines dans un liquide plus épais. La digestion du lactose dans l'estomac était significativement meilleure pour les veaux nourris sur tétines à débit lent, qui présentaient une tendance forte à des niveaux plus élevés de protéine libre dans l'iléon (partie final de l'intestin grêle). L'utilisation de tétines à débit lent pour nourrir les veaux depuis la naissance jusqu'au sevrage semble avoir un impact important sur les processus de digestion dans les intestins encore immatures. De telles améliorations dans la digestion et le développement du rumen des jeunes veaux peuvent faciliter la digestion du lait et autres aliments et apporter des améliorations dans les résultats de la croissance. Dans les conditions d'exploitation à la ferme, les systèmes de tétines à débit lent peuvent permettre de réduire les diarrhées et autres problèmes digestifs chez les jeunes veaux au cours de la période d'allaitement la plus intense (c'est-à-dire jusqu'à 15 jours), grâce à une meilleure digestion iléale des nutriments, empêchant le passage de substance nutritives non digérées dans l'intestin postérieur. Ils peuvent également contribuer à réduire les comportements de succion entre veaux, qui ne sont pas souhaitables.

Mots clés: veau : débit de tétine : digestion : prise alimentaire : développement du rumen

(Reçu 14 juillet 2015 – Révisé 6 août 2015 – Accepté 6 août 2015)

Introduction

Le débit d'alimentation du lait pour les veaux nourris sur les systèmes d'alimentation automatiques peut varier en fonction de différents facteurs, notamment la taille du veau à sa naissance, sa rapidité d'apprentissage pour téter sur les tétines, sa capacité à réagir à la concurrence dans le groupe et le débit du lait sur les tétines utilisés. Lorsque les veaux sont laissés à la mère en élevage naturel, leur prise de lait est plus régulée, selon les heures

d'alimentation imposées par la vache, et le lait est disponible tout au long de la journée (Albright and Arave, 1997). En situation d'élevage commercial, les veaux sont nourris deux ou une fois par jour (Ternouth and Roy, 1973; Jasper and Weary, 2002) selon leur âge, et ont habituellement à faire face à une concurrence intra-groupe pour pouvoir se nourrir suffisamment (Jensen, 2003), en particulier lorsqu'ils sont élevés dans de grands enclos ou hangars, comme c'est le cas en Nouvelle-Zélande. Dans certains élevages, à cause du

manque de main d'œuvre ou par manque de temps, les éleveurs préfèrent utiliser des tétines à débit rapide pour réduire le temps passé à alimenter les bêtes, pour pouvoir se consacrer à d'autres tâches sur la ferme, certains même allant jusqu'à fendre la tétine pour accélérer encore davantage le débit.

Le caillage du lait dans l'estomac simplifié et immature (caillette) des veaux est une première étape importante du processus de la digestion (Frantzen *et al.*, 1973; Strudsholm, 1988; Longenbach and Heinrichs, 1998), bien que l'on manque d'informations précises sur l'influence du débit d'alimentation du lait sur ce premier paramètre important. De plus, il n'existe aucune information spécifique disponible sur la façon dont le débit de la tétine influence la coagulation du lait, en dépit d'une utilisation largement répandue de tétines différentes dans la production des veaux de nos jours. Une ingestion trop rapide du lait peut entraîner des problèmes chez les veaux, notamment une sur-ingestion de lait dans l'estomac immature (Radostits and Bell, 1970; Blowey, 2008), conduisant potentiellement à un passage de lait non digéré dans les intestins, qui peut être utilisé par des bactéries pathogènes transmises à partir de l'environnement plus en aval de l'appareil digestif (Porter, 1969, Blowey, 2008). Ce qui peut causer en retour des problèmes digestifs, des diarrhées, voire une mortalité plus élevée, en particulier lorsque les veaux sont confinés dans des environnements ayant une charge bactérienne élevée et/ou une faible biosécurité au niveau des conditions d'exploitation (Wise and Lemauer, 1968; Longenbach and Heinrichs, 1998; Blowey, 2008). De plus, certains problèmes comportementaux peuvent apparaître chez les veaux nourris à des débits élevés (Haley *et al.*, 1998; Margerions *et al.*, 2003; Hershin *et al.*, 2010). Il apparaît que les veaux nourris avec des systèmes à débit rapide semblent rassasiés plus rapidement, et par conséquent peuvent ne pas recevoir une ration alimentaire suffisante à cause de la grande quantité de lait qui pénètre leur estomac immature (Appleby *et al.*, 2001; Jasper and Weary, 2002). Ceci a été mis en rapport avec un accroissement du nombril, de la queue et une succion des pis (De Passillé, 2001; Jung and Ladfors, 2001; Jensen, 2003; Jensen and Budde, 2006). La succion de pis immatures peut provoquer une suppression prématurée du bouchon de kératine, qui protège les trayons individuels des infections, notamment chez les génisses qui viennent au premier lait, de même que des

infections du nombril et de la peau. Haley *et al.* (1998) et Herskin *et al.* (2010) ont tous les deux comparé le comportement des veaux nourris au moyen de tubes de diamètres variables sur des seaux, ou des ouvertures petites ou grandes des tétines, conduisant à des débits rapides ou lents d'alimentation sur les veaux. Dans les deux cas, les chercheurs notent que les veaux nourris avec un débit plus lent présentaient une occurrence plus faible de comportement de succion entre veaux (non nutritive) sur des parties du corps.

L'objet du présent essai était de déterminer si des tétines à débit standard ou lent des systèmes d'alimentation conduisaient à de réelles différences dans les durées d'alimentation, la croissance des veaux, les caractéristiques de digestion et les comportements de succion entre veaux, dans des conditions sous contrôle.

Matériels et méthodes

Soixante douze veaux femelles frisonnes de 1 jour ont été utilisées au cours de cette expérimentation. Les veaux ont été nourris au lait entier, avec des tétines de contrôle (débit standard), ou des tétines expérimentales (à débit lent), qui sont régulés au moyen d'une membrane intérieure et par la dimension de l'ouverture, montés sur des systèmes d'alimentation disponibles dans le commerce (Milkbar, McInness Manufacturing, 54 Cove Road, Waipu, Whangara 0510, Nouvelle Zélande).

Douze veaux ont été répartis de façon aléatoire et individuellement dans des box (de 1 m x 1,60 m), et nourris au moyen d'une tétine unique sur systèmes d'alimentation équipés de tétines à débit standard ou lent (n=6 par traitement expérimental). Les veaux restants ont été répartis au hasard dans des groupes sur 6 enclos de grande taille (4 m x 4 m), sur des litières épaisses en copeaux de bois pour assurer un espace minimum de 1,6 m² par veau (conforme aux limites imposées par la législation néo-zélandaise sur le confort des animaux qui sont de 1,5 m² minimum). Ce groupe était alimenté au moyen d'un système d'alimentation multiple de grande taille requis pour le nombre d'animaux concernés.

Les animaux ont été retirés du pré après 12 heures près de la mère suivant la naissance, et transférés sur le site d'expérimentation. Ils ont reçu 2 litres de colostrum deux fois par jour pendant quatre jours. Entre cinq et onze jours,

ils ont reçu 2,75 l de mélange colostrum + lait (moitié / moitié) deux fois par jour. A compter du 12^{ème} jour, les veaux ont reçu 5,5 litres de lait une fois par jour (le matin), pour permettre une prise alimentaire de 500 g d'équivalent solide de lait par veau et par jour, sur une teneur de 9 % de matière sèche de lait entier (selon résultats de l'analyse préalable). Ce qui est équivalent aux quantités recommandées en matière sèche pour les substituts commerciaux de lait (poudre de lait).

Trois veaux en box individuel de chaque groupe expérimental ont été abattus dans des conditions humaines à l'âge de sept ou 14 jours et disséqués pour pourvoir prélever des échantillons de digesta (environ 50 ml) dans la caillette des animaux (afin d'évaluer la coagulation par photographie et échantillonnage), iléon supérieur et rectum. Les animaux ont été abattus deux heures après alimentation pour permettre la coagulation et le passage des digestas dans l'iléon à des fins d'échantillonnage (Smith and Sissons, 1975). Des échantillons de colostrum et de lait ont été prélevés et conservés pour analyse du lactose et des protéines. A la fin de la période de 42 jours d'élevage, tous les veaux femelles élevés en groupe ont été restitués à l'éleveur propriétaire.

Les veaux ont été pesés à l'arrivée sur le site d'expérimentation, et par la suite chaque semaine, pour calculer le Gain Moyen Quotidien GMQ (ADG: Average Daily Gain). A chaque alimentation, le temps passé de chaque veau en box individuel ou en enclos de groupe pour la consommation de colostrum, de mélange colostrum-lait et lait entier a été mesuré. Les veaux n'ayant pas pu se nourrir sur le système d'alimentation, mais ayant bénéficié de ce fait d'une alimentation par biberon au cours des deux premiers jours de l'expérience ont été exclus des données recueillies. L'expérimentation a été conduite selon les normes néo-zélandaises Kaiwhina Animal Ethics Standards (code agréé AEC005/14). Des conditions de biosécurité intégrale ont été appliquées grâce à des installations et un matériel de propreté et la désinfection des roues et des pieds par un désinfectant longue durée à usage animal (Credence, Kiotech-Agil Ltd, Royaume-Uni).

Les données ont été analysées en utilisant la procédure d'analyse statistique à modèle linéaire général de Unistat (UNISTAT, 5.5, Londres, Royaume-Uni), avec des intervalles

de confiance de 5 % ($P < 0,05$). Pour les gains moyens quotidiens, le poids à la naissance a été utilisé comme covariable pour éliminer son influence potentielle sur la performance des veaux.

Tableau 1. Prise de lait et d'alimentation des veaux par système à débit standard et système à débit lent

| Paramètre de consommation (temps) | Tétine débit standard | Tétine débit lent |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Période entière min/l | 2,1 (a) | 4,2 (b) |
| Colostrum min/l | 3,2 (a) | 5,7 (b) |
| 50/50 min/l | 2,0 (a) | 4,2 (b) |
| Lait entier min/l | 1,8 (a) | 3,3 (b) |
| Prise alim. veau/j kg | 0,165 | 0,167 |
| Prise alim./enclos kg | 1,383 | 1,520 |

(a) et (b) Les moyennes dans une rangée avec différents exposants différent de façon significative ($P < 0,0001$)

De plus, les ensembles de données de la prise de lait ont été analysés pour toute la période de l'expérimentation et également scindés en fonction de la phase d'alimentation: colostrum seulement (jours 1-5), mélange 50/50 colostrum-lait (jours 6-12), et lait entier seulement (jours 13 – fin d'expérimentation).

Résultats

Les résultats de la prise de lait ont montré que les animaux nourris avec des tétines à débit standard avaient des temps de consommation significativement (statistiquement) plus courts que les animaux nourris sur tétines à débit lent (Tableau 1), avec des temps de consommation pour les veaux à tétine standard deux fois plus courts que ceux de l'autre groupe à tétine / débit lent (2,1 min/l contre 4,2 min/l; $P < 0,0001$) pour la période entière. Lorsque les données sont scindées en fonction de la phase d'alimentation, les veaux sur tétine/débit lent affichent un temps de consommation de 5,7 min/l pour la phase colostrum seul, contre 3,2 min/l pour les veaux sur tétine à débit standard (ces temps comprennent la phase d'entraînement sur l'alimentateur, pendant laquelle les veaux sont quelque peu plus lents pour téter le lait). Pour la phase 50/50 colostrum-lait, les temps étaient respectivement: de 2 min/l pour les tétines standards contre 4,2 min/l pour les tétines lents. Et pour la période d'alimentation au lait complet (jours 13 – 42), les temps de consommation étaient respectivement de 1,8 min/l pour les tétines standards et de 3,3 min/l pour les tétines à débit lent. La prise alimentaire n'était pas significativement plus

élevé entre les groupes (contrôle et expérimental), bien que ceux nourris sur les tétines à débit lent étaient numériquement plus élevés (Tableau 1).

Les poids corporels et les gains journaliers, lorsqu'ils incluent le poids à la naissance comme covariable, ne présentent aucune différence significative initiale. Cependant, au 42^{ème} jour, les veaux nourris sur tétines à débit lent montraient une forte tendance à des gains journaliers moyens plus élevés (0,738 kg/j pour les débits lents contre 0,665 kg/j pour les tétines standards ; P = 0,0758). Ceci peut refléter les différences de digestibilité observées dans les échantillons du système digestif (exposé ci-après).

Sur les échantillons des veaux abattus, il n'existait aucune différence significative observée dans la digestibilité entre les veaux alimentés par tétine standard et tétine à débit lent à 7 jours (Tableau 2). Cependant à 14 jours, les veaux nourris sur tétines à débit lent présentaient un taux plus élevé de disparition du lactose dans l'estomac (P = 0,0338), et une tendance (P = 0,0718) à une plus grande quantité de protéine iléale que celle trouvée sur les veaux nourris sur tétines standards.

L'analyse photographique montre qu'il existe des différences constantes entre les veaux selon la tétine d'alimentation. (Figures 1 et 2 ci-dessous). Les veaux nourris sur les tétines à débit rapide avaient de larges blocs de lait caillé entourés de liquide aqueux dans la chambre principale de l'estomac simplifié, encore sous-développé.

Par contre, sur les veaux nourris sur tétines à débit lent la coagulation du lait était faite de particules beaucoup plus fines et uniformes entourées d'un liquide plus épais. Ces

caractéristiques étaient constantes sur les veaux de sept et 14 jours. Cela indique que la digestion initiale chez les veaux alimentés sur tétines à débit lent produisait une surface plus grande du lait digéré pendant le premier stade de la digestion (c'est-à-dire la réaction avec la présure dans la caillette). Ceci peut refléter directement le débit régulier plus lent du lait dans le veau, qui réagissait avec la présure dans des parties aliquotes plus petites et plus distinctes. Dans l'ensemble, il serait logique de s'attendre à ce qu'une surface plus large et plus régulière soit en rapport avec le degré de digestion dans les intestins supérieurs.

Au cours de l'expérimentation, il a été observé que les veaux nourris dans un enclos en groupe au moyen de tétines standards présentaient une tendance bien plus grande à l'hyperactivité, immédiatement après l'alimentation et des comportements plus fréquents de succion non-nutritive sur des parties du corps des autres veaux (y compris le museau, le nombril et les pis). Bien que ceci ne soit pas directement l'objet de la présente expérimentation et n'ait donc pas fait l'objet de mesures sur la fréquence et la durée, ces observations confirment ce qui avait été déjà observé dans d'autres études.



Figure 1. Veau nourri sur tétine standard à l'âge de 7 jours. Larges amas de lait coagulé dans un liquide aqueux.

Tableau 2. Digestibilité chez les veaux aux âges de 7 et 14 jours en fonction du type de tétine d'alimentation utilisée (débit standard ou lent)

| Paramètre | Age du veau (jours) | Unités | Tétine standard | Tétine lente | Valeur P |
|--------------------------------|---------------------|--------|-----------------|--------------|----------|
| Protéine estomac | 7 | % | 12,9 | 16,5 | 0,6497 |
| Disparition du lactose estomac | 7 | % | 74,3 | 80,0 | 0,5606 |
| Protéine iléon | 7 | % | 6,4 | 6,3 | 0,9615 |
| Disparition lactose iléon | 7 | % | 79 | 82,3 | 0,8485 |
| Protéine rectum | 7 | % | 20,8 | 19,17 | 0,5984 |
| Disparition du lactose rectum | 7 | % | 99,0 | 98,7 | 0,6667 |
| Protéine estomac | 14 | % | 10,6 | 7,3 | 0,1528 |
| Disparition du lactose estomac | 14 | % | 71,7 (a) | 92 (b) | 0,0338 |
| Protéine iléon | 14 | % | 5,7 | 8,3 * | 0,0718 |
| Disparition du lactose iléon | 14 | % | 75,0 | 85,0 | 0,1647 |
| Protéine rectum | 14 | % | 11,0 | 13,0 | 0,3765 |
| Disparition du lactose rectum | 14 | % | 98,3 | 99,3 | 0,1012 |

(a) et (b) Les moyennes dans une rangée avec différents exposants différent de façon significative (P < 0,05)
* indique une forte tendance



Figure 2. Veau nourri sur tétine à débit lent à l'âge de 7 jours. Amas de lait coagulé plus petits dans un liquide plus épais.

Discussion

Les données indiquent que le type de tétine utilisée (débit standard ou débit lent) a eu un impact significatif sur la vitesse de consommation, en relation avec l'âge/la phase d'alimentation, et sur les caractéristiques de coagulation du lait contenu dans la caillette des veaux. D'autres chercheurs avaient précédemment fait état de telles différences dans le temps de consommation, bien que les dispositifs d'allaitement utilisés étaient différents et variés, par rapport à la conception et au contrôle des tétines utilisées dans la présente expérimentation (Haley *et al.*, 1998, Herskin *et al.*, 2010). Le débit des tétines plus lente a occasionné un temps de consommation du double de celui des tétines standards sur toute la période. De plus, ceci semble avoir eu un effet sur la digestion initiale des veaux nourris sur tétines standards par le biais de la réaction avec la présure, laquelle a produit de larges amas de lait coagulé en suspension dans un liquide aqueux, deux heures après consommation. Par contraste, les veaux nourris sur tétines à débit lent présentaient des fragments de lait coagulé beaucoup plus petits et distincts (consistance de type 'porridge') dans un liquide plus épais. Néanmoins, il y a peu ou pas de résultats publiés disponibles à propos de la relation pouvant exister entre la vitesse d'ingestion et la coagulation du lait, la surface du lait coagulé et sa digestion. Il n'est donc pas possible de comparer les résultats de la présente étude à ceux d'autres recherches, ou de déterminer une vitesse optimale pour la coagulation du lait, la surface du lait coagulé et sa digestion. Les veaux ayant été nourris sur tétines à débit lent présentaient une disparition du lactose dans l'estomac plus élevée et une tendance à une quantité plus grande de protéine dans l'iléon, lesquelles peuvent être en

relation l'une avec l'autre, ceci indiquant que la vitesse d'ingestion et les caractéristiques de coagulation avaient un impact sur la digestibilité du lait. Ces différences peuvent être dues à une absorption lente qui élimine toute surcharge dans la caillette immature, comme suggéré par Radostits and Bell (1970) et Blowey (2008), tout en éliminant le flux des nutriments non digérés du lait contournés dans les intestins inférieurs (Porter, 1969; Blowey, 2008). De plus, les veaux nourris sur tétines à débit lent présentaient des gains GMQ plus élevés calculés sur 42 jours, ce qui peut être attribué à la plus grande digestibilité du lactose en tant que source d'énergie primaire chez les veaux nourris sur tétines à débit plus lent.

Conclusions

L'utilisation de tétines à débit lent sur les systèmes d'alimentation pour nourrir les veaux à leur naissance jusqu'au sevrage apparaît avoir un impact important sur les processus de digestion dans les intestins immatures des animaux. Ceci peut expliquer la tendance forte observée dans les gains GMQ sur 42 jours. Bien que la prise alimentaire indiquait seulement des avantages quantitatifs faibles dans le cas des veaux nourris sur tétines à débit lent, les améliorations dans la digestion et le développement du rumen des jeunes veaux peuvent faciliter la digestion d'autres aliments, en dehors du lait, et peuvent avoir d'autres impacts par ailleurs sur la performance au sevrage et durant la maturation. Sur la base de ces observations, un système de tétine à débit lent peut permettre de réduire l'apparition des diarrhées et autres problèmes digestifs chez les jeunes veaux pendant la période d'alimentation la plus intense (c'est-à-dire sur les 15 premiers jours de l'allaitement), et dans le cadre d'environnements d'exploitation réels moins sécurisés sur le plan biologique.

Les résultats sur la digestibilité indiquent que les études futures devront se focaliser sur les veaux de 14 jours pour lesquels des différences importantes ont été observées, malgré le fait que seuls trois veaux par traitement expérimental ont été utilisés dans le cadre de la présente recherche pour ces paramètres. Des recherches supplémentaires sont justifiées pour déterminer comment les différences de coagulation du lait apparaissent entre les deux types d'allaitement (standard et lent) et comprendre les différences constantes observées dans la granulosité des éléments

coagulés. De plus, d'autres expérimentations devraient inclure l'étude et le suivi de l'élément comportemental dans les vitesses d'allaitement sur tétines.

Références bibliographiques

- Albright J.L., and Arave C.W. (1997). The behavior of cattle. CAB International, Wallingford, UK.
- Appleby M.C., Weary D.M., and Chua B. (2001). Performance and feeding behavior of calves on ad libitum milk from artificial teats. *Applied Animal Behavior Science* 74 (3): 191–201.
- Blowey R.W. (2008). Digestive disorders of calves. Pages 231–238 in Bovine Medicine: Diseases and Husbandry of Cattle. 2nd Ed. A.H. Andrews, R.W. Blowey, I. Boyd and R.G. Eddy, ed. John Wiley and Sons, NJ, USA.
- de Passillé A.M.B. (2001). Sucking motivation and related problems in calves. *Applied Animal Behavior Science*. 72: 175–187.
- Frantzen J., Toullec R., Thivend P., and Mathieu C.M. (1973). Influence de la coagulation des protéines sur la vidange stomacale chez le veau pré ruminant. *Annals of Biology Animals Biochemistry and Biophysics*. 13: 718.
- Haley D.B., Rushen J., Duncan I.J.H., Widowski T.M. and de Passille A.M. (1998). Effects of resistance to milk flow and the provision of hay on nonnutritive sucking by dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 81:2165–2172.
- Herskin M.S., Skjoth F. and Jensen M.B. (2010). Effects of hunger level and tube diameter on the feeding behavior of teat-fed dairy calves. *Journal of Dairy Science* 93 (5):2053–2059.
- Jasper J., and Weary D.M. (2002). Effects of ad libitum milk intake on dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85: 3054–3058.
- Jensen M.B. (2003). The effects of feeding method, milk allowance and social factors on milk feeding behavior and cross-sucking in group housed dairy calves. *Applied Animal Behavior Science* 80 (3): 191–206.
- Jensen M.B., and Budde M. (2006). The effects of milk feeding method and group size on behavior and cross-sucking in group-housed dairy calves. *Journal of Dairy Science* 89 (12): 4778–4783.
- Jung J., and Lidfors L. (2001). Effects of amount of milk, milk flow and access to a rubber teat on cross-sucking and non-nutritive sucking in dairy calves. *Applied Animal Behavior Science* 72 (3): 201–213.
- Longenbach J.J., and Heinrichs A.J. (1998). A review of the importance and physiological role of curd formation in the abomasums of young calves. *Animal Feed Science and Technology* 73 (1–2): 85–97.
- Mangerison J.K., Preston T.R., Berry N. and Phillips C.J.C. (2003). Cross-sucking and other oral behaviours in calves and their relation to cow suckling and food provision. *Applied Animal Behavior Science* 80: 277–286.
- Porter J.W.G. (1969). Digestion in the pre-ruminant animal. *Proceedings of the Nutrition Society* 28 (1): 115–121.
- Radostits O.M., and Bell J.M. (1970). Nutrition of the pre-ruminant dairy calf with special reference to the digestion and absorption of nutrients: a review. *Canadian Journal of Animal Science* 50:405–452.
- Smith R.H., and Sissons J.W. (1975). The effect of different feeds, including those containing soya-bean products, on the passage of digesta from the abomasum of the preruminant calf. *British Journal of Nutrition* 33: 329–349.
- Strudsholm F. (1988). The effect of curd formation in the abomasum on the digestion of milk replacers in preruminant calves. *Acta Agricultura Scandinavica* 38 (3): 321–327.
- Ternouth J.H., and Roy J.H.B. (1973). The effect of diet and feeding technique on digestive function in the calf. *Annals of Veterinary Research* 4 (1): 19–30.
- Wise G.H., and Lemaster J.P. (1968). Response of calves to open-pail and nipple-pail systems. *Journal of Dairy Science* 51: 452–456.