

UTILISATION D'UN RÉGIME RICHE EN PRODUITS AMYLACÉS PAR LE VEAU PRÉRUMINANT DE POIDS ÉLEVÉ

II. — INFLUENCE SUR L'INSULINÉMIE POSTPRANDIALE

J. GRIZARD, P. PATUREAU-MIRAND et R. PION

avec la collaboration technique de G. BAYLE,
A. SELLE et M. SALLAS

*Laboratoire d'Étude du Métabolisme azoté,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
Theix, Saint-Genès Champanelle, 63110 Beaumont*

RÉSUMÉ

Le présent travail a pour objet d'étudier l'effet du remplacement d'une partie du lactose et des matières grasses de l'aliment par des produits amylacés sur l'insulinémie, la glycémie, la teneur sanguine en azote aminé libre et l'urémie posprandiales.

Six veaux mâles de la race frisonne pesant 150 kg au début de l'expérience sont répartis en 2 lots identiques ; les veaux du lot L sont nourris avec un aliment riche en lipides et les veaux du lot G sont nourris avec un aliment riche en produits amylacés ; les veaux du lot G ingèrent les mêmes quantités de matières azotées et d'énergie métabolisable que les veaux du lot L. Les prélèvements de sang jugulaire sont effectués à jeun et toutes les heures après le repas.

L'insulinémie augmente rapidement après le repas et atteint une valeur maximale au bout de 2 à 4 heures, deux fois plus élevée chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez les veaux nourris avec l'aliment riche en lipides. La valeur maximale de la glycémie est atteinte plus rapidement et la teneur sanguine en azote aminé libre et l'urémie sont plus faibles chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez les veaux nourris avec l'aliment riche en lipides.

L'amélioration de la rétention azotée chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés est vraisemblablement due en partie à un accroissement de l'anabolisme protéique provoqué par l'augmentation de l'insulinémie.

INTRODUCTION

L'ingestion de glucose, en particulier chez l'animal au jeûne, entraîne une diminution de la perte d'azote urinaire, un accroissement de la synthèse protéique musculaire, une diminution des teneurs sanguines en acides aminés libres et proba-

blement une réduction du catabolisme des principaux acides aminés glucoformateurs (alanine, sérine, acide glutamique, glycine et acide aspartique) (MUNRO, 1970).

Chez le Veau préruminant, les effets de l'ingestion de glucose et de produits amylicés ont été rappelés par PATUREAU-MIRAND *et al.* (1976).

Les effets de l'absorption de glucose sur le métabolisme azoté ne sont pas dûs uniquement à l'énergie apportée par ce composé (MUNRO, BLACK et THOMSON, 1959), ils sont vraisemblablement liés à un accroissement de la sécrétion d'insuline (NAKANO et ASHIDA, 1975), puisque cette hormone stimule l'anabolisme protéique musculaire (MANCHESTER, 1970) et réduit le catabolisme protéique hépatique (MORTIMORE et MONDON, 1970).

Le but du présent travail est de préciser le mécanisme par lequel l'ingestion de produits amylicés entraîne une amélioration de la rétention azotée chez le Veau préruminant de poids élevé ; c'est pourquoi nous avons étudié l'effet du remplacement d'une partie du lactose et des lipides de l'aliment par des produits amylicés sur l'insulinémie, la glycémie, la teneur sanguine en azote aminé libre et l'urémie postprandiales.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des veaux mâles de la race frisonne, répartis en 2 lots L et G de 3 animaux chacun sont logés en cases individuelles sur copeaux dans des locaux éclairés de 8 heures à 18 heures environ, maintenus à 19°C et de degré hygrométrique voisin de 65 p. 100. Les animaux reçoivent 2 repas égaux par jour, distribués à 8 heures et 17 heures et rapidement consommés.

TABLEAU I
Composition des aliments
(p. 100 g de poudre)

Aliment	Riche en lipides	Riche en produits amylicés
Matières azotées	23,2	21,0
Matières grasses	18	12
Lactose	40	29
Autres glucides que le lactose (produits amylicés).....	10,5	30,5

Les prélèvements de sang sont effectués au cours de 3 périodes. Pendant la période témoin, tous les veaux reçoivent le même aliment du commerce contenant 24 p. 100 de matières azotées et 18 p. 100 de matières grasses par rapport à la matière sèche ; pendant la période d'adaptation et pendant la période expérimentale, les veaux du lot L sont nourris avec un aliment riche en lipides, ceux du lot G sont nourris avec un aliment riche en produits amylicés ; la composition de ces aliments (PATUREAU-MIRAND *et al.*, 1976) (tabl. I) et les quantités distribuées sont telles que les veaux du lot G ingèrent autant de matières azotées et d'énergie métabolisable que les veaux du lot L. Pendant la période d'adaptation, les prélèvements chez les veaux du lot L et chez les veaux du lot G sont effectués respectivement 2 et 3 jours après la fin d'une période de transition de 3 jours au cours de laquelle les régimes expérimentaux sont progressivement substitués au régime témoin ; pendant la période expérimentale, les prélèvements sont effectués 38 ou 39 jours après la fin de la période de transition.

Le poids vif, la croissance et la consommation des animaux au moment des prélèvements sont indiqués dans le tableau 2.

Les prélèvements de sang jugulaire (10 ml environ) sont effectués 1 heure avant le repas du matin et toutes les heures après ce dernier, pendant 5 ou 8 heures. Le sang, recueilli sur héparine, est réparti en 2 fractions destinées respectivement au dosage de l'insuline d'une part, du glucose, de l'azote aminé et de l'urée d'autre part.

TABLEAU 2

Poids vif, croissance et consommation
(\pm écart type de la moyenne)

Période	Témoin		Adaptation		Expérimentale	
	L	G	L	G	L	G
Aliment	Témoin		Riche en lipides	Riche en produits amylicés	Riche en lipides	Riche en produits amylicés
Poids vif le jour des prélèvements (kg)	143,9 \pm 0,5	151 \pm 14	162,0 \pm 16	172 \pm 16	229,0 \pm 6,5	236 \pm 14
Gain de poids vif mesuré pendant une période de 14 jours (g/jour)	1 558 \pm 91	1 619 \pm 99	1 505 \pm 101	1 747 \pm 147	1 671 \pm 178	1 885 \pm 62
Matière sèche ingérée par repas, mesurée pendant les 4 repas qui précèdent les prélèvements (g)	1 152 \pm 30	1 174 \pm 45	1 272 \pm 19	1 463 \pm 50	1 636 \pm 87	1 971 \pm 76

L'insuline plasmatique est dosée par radio-immunologie selon la méthode du double anticorps au moyen de la trousse de dosage *in vitro* CEA-IRE-SORIN INSIK 1 ; l'insuline témoin est l'insuline humaine.

Le glucose, l'urée et l'azote aminé sont dosés dans le surnageant des échantillons de sang déféqués à l'acide trichloracétique 2,5 p. 100, respectivement par les méthodes à la glucose-oxydase, la diacétyl monoxime et la ninhydrine.

Les effets du temps après le repas et de la nature de l'aliment sur la concentration des composés sanguins dosés sont étudiés selon la méthode de l'analyse de variance ; les liaisons entre ces composés sont étudiées selon la méthode des régressions multiples (SNEDECOR et COCHRAN, 1971). Les calculs sont effectués au moyen d'un calculateur programmable de bureau.

RÉSULTATS

Le tableau 3 montre le résultat des analyses de variance, effectuées sur les concentrations de chaque composé, à chaque période de prélèvement.

Insulinémie

L'insulinémie augmente nettement pendant les deux premières heures qui suivent le repas et atteint au bout de 2 à 4 heures, une valeur maximale comprise entre

100 et 200 μ U/ml (fig. 1); l'insulinémie observée 5 à 6 heures après le repas est voisine de l'insulinémie observée chez les animaux à jeun (environ 50 μ U/ml). Aussi bien pendant la période d'adaptation que pendant la période expérimentale, l'insu-

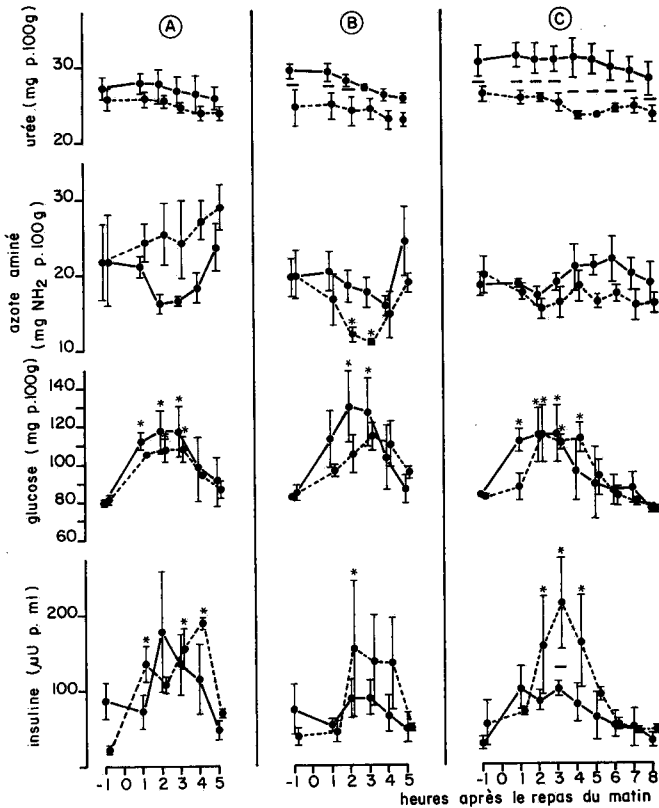


FIG. 1. — Teneurs moyennes en insuline plasmatique, glucose, azote aminé et urée sanguines (\pm écart-type de la moyenne) après un repas
(●—● lot L; ●- - - -● lot G)

(A)	(B)	(C)
Période témoin	Période d'adaptation	Période expérimentale
tous les veaux reçoivent l'aliment témoin	les veaux du lot L reçoivent l'aliment riche en lipides ; les veaux du lot G reçoivent l'aliment riche en produits amylacés	

* : teneur significativement différente de la teneur observée avant le repas, au seuil de 0,050.

— : la teneur observée pour le lot L est significativement différente de la teneur observée pour le lot G, au seuil de 0,050.

linémie observée entre 2 et 4 heures après le repas est environ deux fois plus élevée chez les animaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez les animaux nourris avec l'aliment riche en lipides.

TABLEAU 3
Analyse de variance

	Source de variation	Degré de liberté	Carrés moyens des sources de variation			
			Composé sanguin			
			Insuline	Glucose	Azote aminé	Urée
Période témoin	Animaux d'un même lot	2	3 250 NS	628 NS	148**	21,3*
	Lot.....	1	544 NS	240 NS	299**	36,6**
	Temps après le repas ...	5	11 802*	1 141**	26,5 NS	4,7 NS
	Interaction lot temps après le repas	5	5 683 NS	29,5 NS	19,3 NS	0,1 NS
	Erreur	22	3 103	191	29,3	5,6
Période d'adaptation aux régimes	Animaux recevant le même aliment	2	11 115 NS	717 NS	34,1 NS	20,2**
	Aliment	1	7 339 NS	323 NS	132*	131**
	Temps après le repas ...	5	6 354 NS	1 254*	51,5*	8,4 NS
	Interaction aliment temps après le repas ..	5	2 652 NS	292 NS	14,3 NS	1,0 NS
	Erreur	22	4 130	363	17,9	4,1
Période expérimentale	Animaux recevant le même aliment.....	2	8 261*	1 297**	6,3 NS	74,4**
	Aliment	1	15 308*	81,9 NS	80,7**	428**
	Temps après le repas ...	8	10 769**	1 279**	8,3 NS	5,2*
	Interaction aliment temps après le repas ..	8	3 211 NS	178 NS	5,5 NS	1,8 NS
	Erreur	34	2 418	219	10,1	2,2

Signification de l'effet de la source de variation :

NS : non significatif

* : significatif au seuil de 0,050

** : significatif au seuil de 0,010.

Glycémie

La glycémie augmente nettement pendant les deux premières heures qui suivent le repas et atteint une valeur maximale comprise entre 110 et 130 mg p. 100 g de sang (fig. 1). Lorsque les animaux sont nourris avec l'aliment témoin ou l'aliment riche en lipides, la valeur maximale de la glycémie est observée entre 1 et 3 heures après le repas ; en revanche, lorsque les animaux sont nourris avec l'aliment riche en produits amylacés, cette valeur maximale n'est observée qu'entre 2 et 4 heures après le repas. Pendant la période expérimentale, la valeur maximale de la glycémie est la même quel que soit le régime ; en revanche, pendant la période d'adaptation, la valeur maximale de la glycémie semble plus faible chez les animaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez les animaux nourris avec l'aliment riche en lipides. La glycémie observée 5 à 6 heures après le repas est voisine de la glycémie observée chez les animaux à jeun (environ 80 mg p. 100 g de sang).

Teneur sanguine en azote aminé libre

La teneur sanguine en azote aminé libre diminue après le repas, excepté chez les animaux du lot G lorsque ces derniers sont nourris avec l'aliment témoin (fig. 1). Pendant la période d'adaptation, la valeur minimale de la teneur sanguine en azote aminé libre est atteinte 3 à 4 heures après le repas ; en revanche, pendant la période expérimentale, cette valeur minimale est atteinte 2 heures après le repas. La teneur sanguine en azote aminé libre observée 5 heures après le repas est voisine de la teneur observée chez les animaux à jeun (environ 20 mg NH₂ p. 100 g de sang). Aussi bien pendant la période d'adaptation que pendant la période expérimentale et quel que soit le temps après le repas, la teneur sanguine en azote aminé libre est plus faible chez les animaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez ceux nourris avec l'aliment riches en lipides.

TABLEAU 4

Carré du coefficient de corrélation (R²) associé aux régressions linéaires simples et multiples de la teneur en insuline plasmatique en fonction des teneurs en glucose (G), azote aminé (N) et urée (U) sanguines

Lot	Période témoin		Période d'adaptation		Période expérimentale				
	L	G	L	G	L	G			
Aliment	Témoin		riche en lipides	riche en produits amylacés	riche en lipides	riche en produits amylacés			
Source de variation	dl	R ²		dl	R ²		dl	R ²	
G	1 ; 16	21,6 NS	35,9**	1 ; 16	42,5**	66,9**	1 ; 25	68,6**	73,6**
N	1 ; 16	15,5 NS	0,01 NS	1 ; 16	38,3**	3,5 NS	1 ; 25	0,2 NS	3,1 NS
U	1 ; 16	21,0 NS	7,7 NS	1 ; 16	3,0 NS	3,1 NS	1 ; 25	0,8 NS	2,8 NS
GN	2 ; 15	26,9 NS	39,4* gn	2 ; 15	50,7** n	66,9** n	2 ; 24	69,4** n	77,1** n
GU	2 ; 15	39,9* gu	58,6** gu	2 ; 15	42,6* u	66,9** u	2 ; 24	70,1** u	74,9** u
NU	2 ; 15	48,6** nu	10,2 NS	2 ; 15	39,1* u	5,0 NS	2 ; 24	0,9 NS	4,8 NS
GNU	3 ; 14	53,9* gnu (gn)	58,9** gnu (gn) (nu)	3 ; 14	50,8* u	66,9** nu (nu)	3 ; 23	71,7** nu (nu)	77,6** nu (nu)

— dl : degré de liberté.

— Signification de R². NS : non significatif. * : significatif au seuil de 0,050 ** : significatif au seuil de 0,010.

— Signification des comparaisons entre les R² dans une même colonne, au seuil de 0,050.

g, n et u signifient que R² associé aux régressions à 2 et 3 variables est significativement plus grand que R² associé aux régressions à 1 variable I fonction de G, I fonction de N et I fonction de U. (gn) et (nu) signifient que R² associé aux régressions à 3 variables est significativement plus grand que R² associé aux régressions à 2 variables I fonction de G et N et I fonction de N et U.

Urémie

L'urémie est sensiblement constante pendant les heures qui suivent le repas, elle est nettement plus faible chez les animaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez ceux nourris avec l'aliment riche en lipides (fig. 1).

Liaisons entre insulinémie, glycémie, azote aminé et urémie

L'analyse par régressions (tabl. 4) montre que l'insulinémie est bien évidemment liée à la glycémie. Quelle que soit la période chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés et pendant la période expérimentale chez les veaux nourris avec l'aliment riche en lipides, le coefficient de corrélation entre l'insulinémie et la glycémie a une valeur élevée, égale aux valeurs du coefficient de corrélation multiple entre insulinémie d'une part et glycémie-azote aminé, glycémie-urémie, glycémie-azote aminé-urémie d'autre part. En revanche, pendant la période d'adaptation chez les veaux nourris avec l'aliment riche en lipides et pendant la période témoin chez les veaux des 2 lots, le coefficient de corrélation entre l'insulinémie et la glycémie semble plus faible que le coefficient de corrélation multiple entre insulinémie d'une part et glycémie-azote aminé-urémie d'autre part. Pendant la période d'adaptation chez les veaux nourris avec l'aliment riche en lipides, l'insulinémie est nettement liée à la teneur en azote aminé libre sanguine.

DISCUSSION

L'accroissement de la teneur en insuline plasmatique après le repas peut résulter d'une stimulation de la sécrétion par le glucose, les acides aminés et les hormones intestinales (entéroglucagon, sécrétine, pancréozymine) ; toutefois, les valeurs élevées du coefficient de corrélation entre l'insulinémie et la glycémie montrent que le principal stimulant de la sécrétion hormonale est sans doute le glucose. De plus, les valeurs maximales de l'insulinémie sont plus élevées chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez les veaux nourris avec l'aliment riche en lipides ; ceci pourrait s'expliquer par une plus grande stimulation de la sécrétion d'insuline due à l'accroissement de l'absorption de glucose à la suite de la digestion de l'aliment riche en produits amylacés.

Les valeurs maximales de la glycémie sont atteintes plus tardivement (1 heure environ) chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez ceux nourris avec l'aliment riche en lipides ; ce résultat indique que le transit des produits amylacés et (ou) leur digestion sont probablement plus lents que ceux du lactose de l'aliment riche en lipides.

Pendant la période d'adaptation, la valeur maximale de la glycémie est plus faible chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez ceux nourris avec l'aliment riche en lipides ; ceci est vraisemblablement dû à un accroissement de l'utilisation du glucose, provoqué par une insulinémie plus élevée chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés. En revanche, pendant la période expérimentale, les valeurs maximales de la glycémie sont identiques dans

les 2 lots, alors que l'insulinémie des veaux recevant l'aliment riche en produits amylacés est 2 fois plus élevée que celle des veaux recevant l'aliment riche en lipides ; cela traduit probablement une réduction de la sensibilité à l'insuline de la glycémie des veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés ; une telle réduction a déjà été constatée chez le Rat à la suite de l'ingestion d'un régime riche en saccharose (VRANA *et al.*, 1974).

Après le repas, la baisse de la teneur sanguine en azote aminé libre, qui correspond en particulier à une baisse des teneurs en acides aminés libres indispensables (PATUREAU-MIRAND *et al.*, 1971 ; WILLIAMS et SMITH, 1975) est due vraisemblablement à un accroissement de l'utilisation des acides aminés à la suite d'une augmentation de l'anabolisme protéique, provoquée par l'augmentation de l'insulinémie. De plus, la teneur sanguine en azote aminé libre est plus faible chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que chez ceux nourris avec l'aliment riche en lipides ; ceci peut s'expliquer par une augmentation plus importante de l'anabolisme protéique associée à une insulinémie plus élevée chez les veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés. Ce résultat est à rapprocher du fait que la lysine mise en excès dans l'aliment s'accumule moins dans le sang et davantage dans le muscle des veaux nourris avec l'aliment riche en produits amylacés que dans le sang et le muscle des veaux nourris avec l'aliment riche en lipides (PATUREAU-MIRAND *et al.*, 1976).

CONCLUSION

Le remplacement d'une partie du lactose et des matières grasses de l'aliment par des produits amylacés entraîne chez le Veau préruminant de poids élevé, un accroissement de l'insulinémie postprandiale vraisemblablement dû à une augmentation de la sécrétion hormonale sous l'effet du glucose. Cette augmentation semble limiter l'accroissement de la glycémie après le repas et provoquer un accroissement de l'anabolisme protéique qui se traduit par une baisse de la teneur sanguine en azote aminé libre et de l'urémie.

Reçu pour publication en octobre 1975.

SUMMARY

STARCHY PRODUCTS IN MILK REPLACERS.

II. — INFLUENCE ON POSTPRANDIAL INSULIN LEVEL OF THE PRERUMINANT CALF

Six Friesian calves weighting 150 kg at the beginning of the experiment, were fed a commercial milk replacer during control period. Then they were fed twice daily either milk replacer L (10,5 p. 100 starchy products, 18 p. 100 fat) or milk replacer G (30,5 p. 100 starchy products 12 p. 100 fat) (preexperimental and experimental periods). All the calves received the same amounts of protein and metabolizable energy. Jugular blood samples were taken hourly after 3 experimental morning meals occurring at the end of control period and at the beginning and the end of experimental period. Plasma insulin and blood glucose, amino nitrogen and urea are recorded in figure 1.

There is a sharp increase in plasma insulin and blood glucose after the meal. Maximum values of plasma insulin *i. e.* 2, 3 and 4 hours post feeding values, are twice higher in calves fed milk replacer G than in calves fed milk replacer L. Blood glucose levels are maximum 2 hours after the meal in calves fed milk replacer L and 3 hours after the meal in calves fed milk replacer G. Blood amino nitrogen and blood urea are always smaller in calves fed milk replacer G than in calves fed milk replacer L.

It may be inferred from these results that the protein sparing effect of starchy products in heavy preruminant calves may be related to an increase in protein synthesis due to insulin action.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MANCHESTER K. L., 1970. The control by insulin of amino acid accumulation in muscle. *Biochem. J.*, **117**, 457-465.
- MORTIMORE G. E., MONDON C. E., 1970. Inhibition by insulin of valine turnover in liver. *J. Biol. Chem.*, **245**, 2375-2383.
- MUNRO H. N., 1970. In MUNRO H. N., *Mammalian Protein Metabolism*, **4**, 299-386, Academic Press. New York.
- MUNRO H. N., BLACK J. G., THOMSON W. S. T., 1959. The mode of action of dietary carbohydrate on protein metabolism. *Br. J. Nutr.*, **13**, 475-485.
- NAKANO K., ASHIDA K., 1975. Possible intervention of insulin, cyclic AMP and glucocorticoids in protein-sparing action of dietary carbohydrate in rats. *J. Nutr.*, **105**, 906-913.
- PATUREAU-MIRAND P., PRUGNAUD J., PION R., 1971. Influence de la nature des protéines des aliments d'allaitement sur l'acido-acidémie libre du Veau pré-ruminant. *X^e Congr. Internat. Zootech. Versailles*.
- PATUREAU-MIRAND P., GRIZARD J., PRUGNAUD J., PION R., 1976. Utilisation d'un aliment riche en produits amylacés par le Veau pré-ruminant de poids élevé. I. Influence sur les teneurs en acides aminés libres du sang et du muscle. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **16**, 579-592.
- SNEDECOR G. W., COCHRAN W. G., 1971. *Méthodes statistiques*, Association de coordination technique agricole, Paris.
- VRANA A., SLABOCHOVA Z., FABRY P., KAZDOVA I., 1974. Influence of diet with high starch or sucrose content on glucose tolerance, serum insulin level and insulin sensitivity in rats. *Physiologia Bohemoslovaca*, **23**, 305-310.
- WILLIAMS A. P., SMITH R. H., 1975. Concentrations of amino acids and urea in the plasma of the preruminant calf and estimation of the amino acid requirements. *Br. J. Nutr.*, **33**, 149-158.
-