

DIGESTION ET UTILISATION DES ALIMENTS PAR LE VEAU PRÉRUMINANT A L'ENGRAIS

V. — REMPLACEMENT DES MATIÈRES GRASSES DU LAIT PAR DES DEXTRINES

C.-M. MATHIEU, P. THIVEND et P.-E. BARRÉ

avec la collaboration technique de Jacqueline RIGAUD et C. MARPILLAT

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, 63 - Saint-Genès-Champagnelle
Institut national de la Recherche agronomique*

RÉSUMÉ

Le but de ce travail a été d'étudier chez le veau préruminant à l'engrais, l'utilisation de différents produits d'hydrolyse de l'amidon introduits dans un lait partiellement ou quasi totalement écrémé. Six « dextrines » ont été utilisées : 4 dextrines de maïs ou de pomme de terre, peu solubles ou entièrement solubles, une dextrine-maltose et de l'extrait de malt. Pour chaque produit, deux « laits » isoénergétiques correspondant à un lait à 35 p. 1 000 de matières grasses ont été préparés ; ils contenaient 25 ou 75 g de « dextrines » et avaient des teneurs en matières grasses de 25 ou 5 grammes par kilo. Trente et un veaux mâles (2 ou 3 par régime) ont été utilisés. Ils étaient maintenus en cage à bilan de l'âge d'environ 15 jours jusqu'à leur abattage à l'âge de 12-13 semaines. Ils ont reçu des quantités de lait importantes, comparables à celles qui sont habituellement distribuées à des veaux à l'engrais.

La digestibilité des « dextrines » a été dans l'ensemble élevée. Elle a été plus faible avec les régimes contenant 75 grammes de dextrines par kilo de lait qu'avec ceux qui n'en contenaient que 25 grammes. Pour une même quantité ingérée, les différents produits étudiés ont eu un C. U. D. très variable, sans que l'on puisse toujours relier ces variations au degré d'hydrolyse de la dextrine. La dextrinisation n'a pas amélioré le C. U. D. de l'amidon de maïs cru ; en revanche, elle a permis une augmentation significative de l'utilisation digestive de la fécule de pomme de terre ; cette augmentation ne s'est cependant pas traduite par un gain de poids journalier plus important. Les dextrines peu solubles ont eu généralement un pouvoir anti-diarrhéique important ; les autres produits (sauf l'extrait de malt) ont eu un pouvoir laxatif d'autant plus élevé qu'ils étaient plus hydrolysés.

Pour un même niveau énergétique, le coefficient de rétention de l'azote a été plus élevé lorsqu'une partie des matières grasses du lait était remplacée par des dextrines (cas des laits contenant 25 g de dextrines par kg). La mesure des variations de la glycémie postprandiale n'a pas présenté de relation avec l'utilisation digestive des différentes dextrines ; la glycosurie a été dans l'ensemble très faible.

L'état d'engraissement des carcasses a été généralement insuffisant, plus spécialement dans le cas des veaux qui recevaient de fortes quantités de dextrines.

INTRODUCTION

L'utilisation digestive des glucides susceptibles de remplacer une partie des matières grasses du lait, dans l'alimentation du veau préruminant, est très variable. Elle semble d'autant plus élevée que le glucide considéré a un poids moléculaire plus faible, exception faite pour le saccharose (HUBER *et al.*, 1961 ; MATHIEU et DE TUGNY, 1965 ; MATHIEU et THIVEND, 1968 ; MATHIEU et BARRÉ, 1968). Cependant, les glucides les plus digestibles semblent être aussi les plus diarrhéiques.

Pour vérifier ces hypothèses, nous avons utilisé six produits intermédiaires entre l'amidon et le glucose, depuis les dextrines peu solubles et à haut degré de polymérisation, jusqu'au maltose presque pur. FLIPSE *et al.* (1948) ; DOLLAR et PORTER (1957) ; OKAMOTO, THOMAS et JOHNSON (1959) ont mis en doute l'aptitude du jeune veau à digérer les dérivés de l'amidon ; mais leurs essais, partiels et de courte durée, ne permettent pas de préciser l'utilisation digestive et métabolique des produits d'hydrolyse de l'amidon, ni leur action sur la santé de l'animal. Nous avons donc étudié simultanément ces différents aspects. Les glucides utilisés ont été introduits en quantité variable (25 ou 75 g par kg de lait) dans des laits partiellement ou quasi totalement écrémés (25 p. 1 000 ou 5 p. 1 000 de matières grasses par kg), afin d'obtenir des régimes isoénergétiques au lait entier à 35 p. 1 000. Comme dans nos expériences précédentes, les quantités de glucides introduites dans chaque régime correspondent à des valeurs choisies de façon à comparer deux niveaux d'ingestion très différents (de 150 à 350 g/j pour les laits à 25 p. 1 000, de 500 à 1 000 g/j pour les laits à 5 p. 1 000). En outre, la teneur en matières grasses (25 p. 1 000) du lait partiellement écrémé a été choisie afin d'obtenir une carcasse suffisamment grasse (MATHIEU et BARRÉ, 1964).

Nous avons distribué ces différents laits à des veaux maintenus en cage à bilan entre les âges de 7 et de 105 j. Les quantités offertes étaient comparables à celles qui sont habituellement distribuées aux veaux à l'engrais ; elles étaient importantes et augmentaient avec l'âge, passant de 5 kg/j à 2 semaines à un maximum de 14 kg/j à partir de la 9^e semaine. Nous avons mesuré chaque semaine la digestibilité apparente des glucides étudiés et des principaux constituants du lait, le bilan azoté, la glycémie postprandiale et la croissance pondérale des animaux ; les veaux ont été abattus à la fin de l'expérience (poids moyen 115 kg \pm 10) et nous avons apprécié la qualité des carcasses.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Aliments

Nous avons étudié six produits industriels : 4 dextrines ⁽¹⁾, 1 dextrine-maltose ⁽²⁾ et 1 extrait de malt ⁽²⁾. Tous ces produits étaient pratiquement purs (99 p. 100 de glucides) sauf l'extrait de malt qui contenait 5 à 6 p. 100 de matières azotées. Le choix des différentes dextrines a été dicté par les résultats précédemment obtenus en étudiant l'utilisation digestive des amidons (MATHIEU et

(¹) Établissements Paul Doittau, (91) Corbeil-Essonnes.

(²) Établissements Jacquemaire, (69) Villefranche-sur-Saône.

THIVEND, 1968). Nous avons choisi les dextrans de pomme de terre en raison du pouvoir anti-diarrhéique de la féculé et les dextrans de maïs en raison de la digestibilité de l'amidon correspondant. Dans la série des dextrans de pomme de terre, nous avons retenu deux dextrans : l'une très peu soluble (2 p. 100) (dextrine blanche), à degré de polymérisation élevé, produit voisin de la féculé se présentant sous forme de grains dont la structure superficielle est altérée ; l'autre, entièrement soluble, à faible degré de polymérisation (dextrine jaune). Dans la série des dextrans de maïs, nous avons étudié de la même façon une dextrine peu soluble (25 p. 100) et une dextrine entièrement soluble.

Pour compléter la série des produits intermédiaires entre l'amidon et le glucose, nous avons choisi une dextrine-maltose (60 à 65 p. 100 de dextrans) et de l'extrait de malt (8 à 10 p. 100 de dextrans, le reste étant constitué de maltose ou d'homologues supérieurs du maltose à courte chaîne).

Nous avons caractérisé le degré de dégradation de ces différents produits en étudiant leur cinétique d'hydrolyse par de l'amylase pancréatique de veau (fig. 1). L'amylolyse a été effectuée à

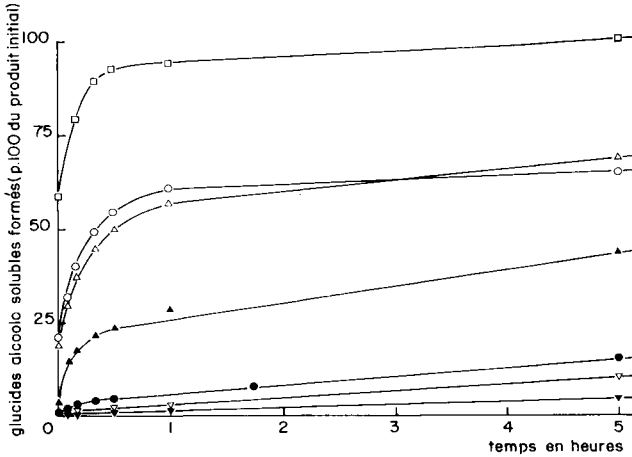


FIG. 1. — Cinétique de la dégradation enzymatique des différentes dextrans (l'amylolyse a été effectuée à 39°C) par du suc pancréatique de veau) ; les produits d'hydrolyse (glucides solubles dans l'alcool à 80 p. 100) ont été dosés par la méthode à l'anthrone.

- ▼ Amidon de pomme de terre
- Dextrine peu soluble de pomme de terre
- ▲ Dextrine peu soluble de maïs
- ▽ Amidon de maïs
- Dextrine soluble de pomme de terre
- △ Dextrine soluble de maïs
- Dextrine-maltose

39°C, en milieu tampon phosphate (pH 6,9) à raison de 1,5 p. 100 de suc pancréatique lyophilisé, par rapport au substrat. Nous avons suivi, en fonction du temps, la formation des produits terminaux de l'hydrolyse en dosant, par la méthode à l'anthrone, les glucides alcoolosolubles formés (THIVEND, données non publiées).

Les laits ont été préparés à partir d'un lait de mélange de taux butyreux supérieur à 35 p. 1 000 qui provenait de la traite du soir du troupeau de la Station. Une partie du lait était écrémée chaque jour. Par mélange en proportion convenable du lait entier ou du lait écrémé, on obtenait des laits à 5 et à 25 p. 1 000.

Animaux

Les essais ont été effectués sur 37 veaux mâles de race Normande qui ont été mis en expérience en quatre séries successives. Ces veaux ont été placés dans des cages à bilan dès leur arrivée. Les mesures n'ont commencé qu'une semaine plus tard de façon à laisser les veaux s'adapter à leurs nouvelles conditions d'existence et ont été effectuées pendant 9 à 13 semaines consécutives.

Quatre animaux sont morts au début et au cours de l'essai. Deux autres ont dû être retirés de l'expérience car ils ne toléraient pas leur régime (lait à 5 p. 1 000, extrait de malt 75 g/kg de lait).

Mesures et calculs

Les modalités de préparation et de distribution des laits et les différentes méthodes utilisées pour la mesure de la digestibilité, l'analyse des échantillons, l'étude de la carcasse et le calcul des bilans ont été décrites dans nos publications antérieures (MATHIEU et BARRÉ, 1964, 1968; MATHIEU et THIVEND, 1968). Dans la suite de cet exposé, les deux types de lait seront désignés par deux nombres exprimés en grammes par litre, le premier rappelant la teneur en matières grasses, le second la teneur en glucides; ils répondront aux dénominations suivantes: lait (ou régime) 25-25, lait (ou régime) 5-75. En outre, nous désignerons par le terme « dextrines » l'ensemble des produits étudiés.

RÉSULTATS

Croissance pondérale et quantités ingérées

Le gain de poids journalier des animaux a été significativement ($P < 0,01$) plus important avec les régimes 25-25 qu'avec les régimes 5-75 (tabl. 1). Pour une même concentration de dextrines, il a été du même ordre (de 810 à 922 g/j pour les régimes 25-25, de 644 à 734 g/j pour les régimes 5-75, différence non significative $P < 0,05$) quelle qu'ait été la nature de la dextrine. Seul le lait 5-75 contenant la dextrine de pomme de terre peu soluble a provoqué un gain de poids plus faible (580 g/j), significativement différent ($P < 0,05$) de celui obtenu avec la dextrine entièrement soluble de maïs (734 g/j) et avec la dextrine-maltose (697 g/j).

En comparant ces résultats à ceux obtenus lors de l'étude de l'utilisation digestive du lait entier ou partiellement écrémé (MATHIEU et BARRÉ, 1964), on remarque que les animaux recevant un lait riche en dextrines (5-75) ont eu des gains de poids plus élevés que ceux qui consommaient un lait de même taux butyreux ne contenant pas de dextrines (517 g/j). En revanche, les gains de poids des animaux recevant les laits 25-25 n'ont pas été significativement différents de ceux des veaux recevant un lait à 25 ou à 35 p. 1 000 de matières grasses (845 et 910 g/j).

Les veaux ont généralement consommé la totalité du lait qui leur était offerte (tabl. 1). La quantité moyenne de lait ingéré par jour et par animal a donc été sensiblement la même (de 10,3 à 10,8 kg), sauf dans le cas des laits 25-25 contenant les dextrines de pomme de terre pour lesquels elle a été plus faible (9,8 kg). Ainsi, pour une même teneur en dextrines (25 ou 75 g par kg de lait), seules, les variations de l'utilisation digestive ou métabolique des dextrines étudiées peuvent expliquer les différences dans la vitesse de croissance des animaux.

Diarrhées et bilan d'eau

Nous avons caractérisé l'état diarrhéique par la teneur des fèces en matière sèche, comme dans nos publications antérieures. Dans l'ensemble, pour une dextrine donnée, les régimes 5-75 ont été moins laxatifs que les régimes 25-25 (fig. 2). Dans les deux cas, la fréquence des états relâchés et diarrhéiques a été d'autant plus élevée que la longueur moyenne des chaînes des dextrines étudiées était plus faible. D'une façon générale, les dextrines peu solubles de pomme de terre et de maïs sont anti-diarrhéiques (fréquence des diarrhées comprise entre 0 et 17,2 p. 100). Les dextrines entièrement solubles provoquent un état relâché quasi permanent (de 40,4 à

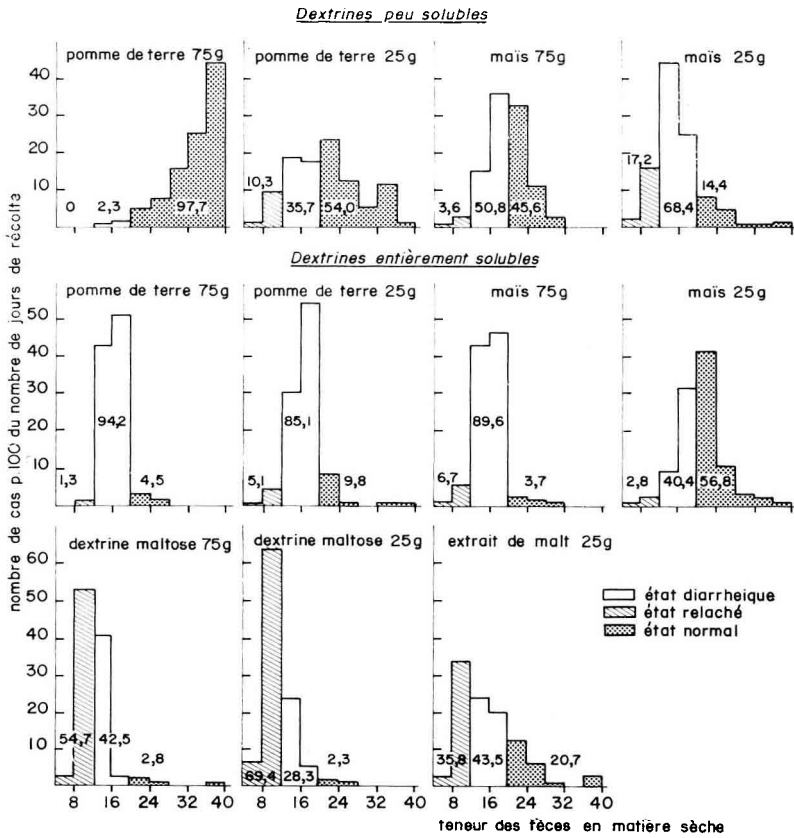


FIG. 2. — Répartition de la teneur en matière sèche des fèces (en p. 100 du nombre de jours de récolte)

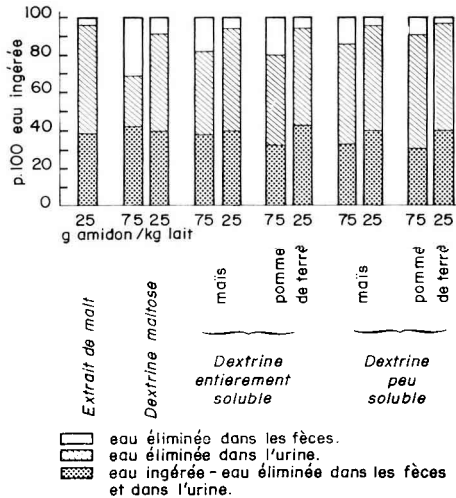


FIG. 3. — Excrétion de l'eau dans les fèces et dans l'urine (p. 100 de l'eau ingérée)

TABLEAU I
Digestibilité des laits, rétention azotée, croissance des veaux et quantités consommées

No des veaux	Teneur du lait en		Coefficients d'utilisation digestive (p. 100)				Coefficient de rétention de l'azote (p. 100)	Gain de poids (g/j)	Quantités consommées (kg/j)
	Matières grasses (g/kg)	Glucides (g/kg)	Matière organique (1)	Matières grasses	Azote	Dextrines			
3 953			97,5 ± 1,3	99,0 ± 0,7	95,0 ± 2,1	95,8 ± 4,4	65,4 ± 10,7	917	11,0
3 955	25	25	96,6 ± 1,2	96,7 ± 2,4	92,2 ± 2,9	96,6 ± 2,0	66,9 ± 6,8	871	10,3
3 966			97,1 ± 0,9	96,1 ± 1,7	93,5 ± 2,2	98,4 ± 1,6	69,5 ± 6,2	917	10,9
Moyenne			97,1 (96,9)	97,3	93,6	96,9	67,3	922	10,7
2 958			82,6 ± 2,4	90,8 ± 7,0	88,1 ± 6,3	68,6 ± 4,7	57,0 ± 14,3	819	10,7
2 959	5	75	76,5 ± 7,2	82,0 ± 24,2	83,8 ± 8,6	57,8 ± 13,2	50,4 ± 19,9	601	10,7
Moyenne			79,6 (79,6)	86,4	86,0	63,2	53,7	697	10,7
2 967			94,4 ± 2,8	98,2 ± 1,1	92,9 ± 2,3	83,0 ± 12,2	64,3 ± 9,2	821	10,4
2 968			91,5 ± 3,7	97,1 ± 1,3	91,8 ± 4,1	72,4 ± 13,6	63,8 ± 14,2	907	10,6
2 969	25	25	95,1 ± 1,7	98,9 ± 0,4	94,3 ± 2,0	81,4 ± 7,2	71,7 ± 11,3	912	10,5
Moyenne			93,7 (93,5)	98,1	93,0	79,9	66,6	881	10,5
3 785			81,2 ± 4,4	94,2 ± 1,8	84,4 ± 9,4	66,9 ± 7,7	42,1 ± 14,2	762	10,7
3 937			86,0 ± 2,6	96,7 ± 1,5	89,7 ± 2,8	75,3 ± 4,9	53,8 ± 7,9	715	10,3
3 939	5	75	81,0 ± 3,4	94,2 ± 2,1	82,8 ± 6,8	66,8 ± 6,6	48,5 ± 16,2	696	10,2
Moyenne			82,7 (82,7)	95,0	85,6	70,0	48,1	731	10,4
3 973			91,1 ± 1,9	95,3 ± 5,4	93,7 ± 2,2	81,7 ± 4,7	65,9 ± 7,6	851	10,4
3 974			94,1 ± 1,9	97,6 ± 1,3	93,4 ± 4,6	81,2 ± 4,1	59,8 ± 10,1	714	10,3
3 977	25	25	91,3 ± 3,4	97,4 ± 4,8	91,6 ± 5,7	67,8 ± 8,7	67,1 ± 7,1	961	10,5
Moyenne			93,2 (93,1)	97,0	92,8	76,9	65,3	843	10,4

TABLEAU I (suite)

N° des veaux	Type de glucides	Teneur du lait en		Coefficients d'utilisation digestive (p. 100)					Coefficient de rétention de l'azote (p. 100)	Gain de poids (g/j)	Quantités consommées (g/kg)
		Matières grasses (g/kg)	Glucides (g/kg)	Matière organique (%)	Matières grasses	Azote	Dextrines				
3 932	Dextrine entièrement	5	75	77,5 ± 4,1	94,9 ± 2,0	88,0 ± 2,1	57,0 ± 8,5	66,9 ± 9,6	43,9	717	10,7
3 934				80,8 ± 2,3	94,4 ± 1,7	86,0 ± 4,3	64,9 ± 4,5	70,9 ± 12,3			
Moyenne				79,2 (80,0)	91,7	87,0	61,0				
3 976	soluble (pomme de terre)	25	25	94,4 ± 2,9	96,4 ± 3,7	96,7 ± 4,0	83,9 ± 7,9	67,5 ± 8,4	69,9	887	9,9
3 970				92,6 ± 2,7	95,7 ± 3,5	90,9 ± 2,9	77,5 ± 9,7	68,8 ± 9,8			
3 972				91,8 ± 2,3	97,6 ± 0,9	91,3 ± 2,4	70,9 ± 10,4	73,5 ± 7,3			
Moyenne	92,8 (92,7)	96,6	93,0	77,4							
3 783	Dextrine peu soluble (maïs)	5	75	83,4 ± 4,4	96,1 ± 5,3	90,7 ± 2,0	67,4 ± 8,4	51,3 ± 10,4	47,8	676	10,8
3 935				80,5 ± 4,1	94,7 ± 2,5	91,9 ± 2,2	61,2 ± 8,8	46,5 ± 7,4			
3 936				82,6 ± 1,9	94,6 ± 1,1	86,4 ± 5,6	69,0 ± 3,2	45,5 ± 12,5			
Moyenne	82,4 (82,4)	95,3	89,7	65,9							
3 969	Dextrine très peu soluble	25	25	96,0 ± 1,6	97,6 ± 0,6	92,3 ± 2,4	93,4 ± 6,9	63,7 ± 5,8	65,7	827	10,5
3 975				95,6 ± 1,9	95,1 ± 4,2	92,3 ± 2,5	93,0 ± 6,1	68,1 ± 10,0			
3 982				95,1 ± 1,7	96,8 ± 3,8	90,5 ± 3,2	90,8 ± 4,0	65,2 ± 7,8			
Moyenne	95,6 (95,3)	96,5	91,7	92,3							
3 781	Dextrine très peu soluble (pomme de terre)	5	75	74,1 ± 4,9	93,7 ± 2,6	89,7 ± 2,8	47,2 ± 10,8	43,6 ± 9,1	43,2	615	10,7
3 930				77,0 ± 3,2	94,7 ± 2,3	91,3 ± 4,0	53,0 ± 7,2	42,7 ± 5,8			
3 931				71,8 ± 1,8	93,5 ± 3,2	88,1 ± 2,6	42,9 ± 4,1	43,2 ± 8,2			
Moyenne	74,3 (74,7)	94,0	89,7	47,7							
3 979	Dextrine de terre)	25	25	93,5 ± 2,9	95,1 ± 8,9	90,8 ± 5,4	83,2 ± 7,0	64,0 ± 5,0	65,7	798	10,4
3 980				96,0 ± 1,2	98,5 ± 1,2	95,2 ± 1,2	87,7 ± 6,1	67,3 ± 8,2			
3 981				94,4 ± 1,5	96,5 ± 4,7	92,7 ± 2,8	82,5 ± 8,1	65,9 ± 8,1			
Moyenne	94,5 (94,3)	96,7	92,9	84,5							

(1) Les valeurs entre parenthèses correspondent au C. U. D. de la Matière Sèche.

94,2 p. 100) et la dextrine-maltose un état diarrhéique très important. En revanche, l'extrait de malt, distribué à faible dose, est beaucoup moins laxatif que la dextrine-maltose (35,8 au lieu de 69,4 p. 100).

Les quantités d'eau retenue (eau ingérée moins eau éliminée dans l'urine et les fèces) ont varié de 28,6 à 42,5 p. 100 de l'eau ingérée (fig. 3). Malgré la compensation qui tend à s'établir d'un régime à l'autre entre les quantités d'eau fécale et d'eau urinaire excrétées, il semble que la rétention de l'eau soit d'autant plus élevée que le pouvoir laxatif du glucide étudié est important. Nous avons fait des observations analogues en étudiant l'utilisation digestive du saccharose (MATHIEU et BARRÉ, 1968).

Digestibilité des laits

Le coefficient d'utilisation digestive des dextrines a varié d'une part avec la nature du produit étudié, d'autre part avec le niveau d'ingestion des dextrines et avec l'âge de l'animal (tabl. 1).

A quantités ingérées égales, les diverses dextrines étudiées ont eu un C. U. D. très différent sans que l'on puisse toujours relier ces variations au degré d'hydrolyse de la dextrine. L'extrait de malt a eu une digestibilité très élevée (96,9). Les C. U. D. des autres produits étudiés se sont classés dans l'ordre suivant :

— pour les régimes 25-25 : dextrines peu solubles de maïs et de pomme de terre (92,3 et 84,5), différence significative ($P < 0,05$) ; dextrine-maltose (79,9), différence significative avec les produits précédents ; dextrines solubles de pomme de terre et de maïs (77,4 et 76,9) ;

— pour les régimes 5-75 : dextrines de maïs solubles et peu solubles (70,0 et 65,9) ; dextrine-maltose (63,2), différence significative ($P < 0,05$) avec la dextrine de maïs soluble ; dextrine de pomme de terre soluble et peu soluble (61,0 et 47,7), (différence significative).

Pour chaque produit étudié, la digestibilité des dextrines a été significativement plus faible ($P < 0,01$) avec les régimes 5-75 qu'avec les régimes 25-25. Cette diminution de la digestibilité semble être due à une accélération trop importante du transit et aux faibles possibilités d'hydrolyse digestive de l'animal pour ce type de produit.

Pour un animal donné, le C. U. D. des dextrines a varié également au cours de l'essai dans des limites quelquefois importantes (écart-type = $\pm 13,6$). Ces fluctuations peuvent être dues à l'imprécision de la méthode utilisée pour calculer le C. U. D. du glucide étudié. En effet, nous n'avons pas dosé la fraction glucidique indigestible des fèces, mais nous l'avons calculée à partir de la valeur de l'extractif non azoté en supposant d'une part que celui-ci n'était constitué que de dextrines et de lactose, d'autre part que le C. U. D. du lactose était égal à 99 p. 100 (MATHIEU et BARRÉ, 1964). Cette méthode appelle les mêmes réserves que celles que nous avons faites lors de l'étude de l'utilisation digestive des différents amidons (MATHIEU et THIVEND, 1968). Nous y avons apporté récemment des modifications (lyophilisation des fèces, mesure de la fraction glucidique par dosage enzymatique) qui permettent d'éliminer certaines causes d'erreurs et d'obtenir de meilleurs résultats (THIVEND, données non publiées).

Les C. U. D. des autres constituants des régimes 25-25 ont été très élevés (de 96,5 à 98,1 pour les matières grasses ; de 91,7 à 93,6 pour l'azote). Ils ont été plus faibles pour les laits 5-75. Dans ce cas, la diminution de la digestibilité de la matière

sèche et de la matière organique (de 10 à 20 points) est due en majeure partie à la baisse du C. U. D. de la fraction glucidique. La diminution du C. U. D. de l'azote semble être liée à la présence d'une fraction glucidique indigestible importante qui peut provoquer une augmentation de la proportion d'azote endogène fécal.

Rétention azotée

Le coefficient de rétention de l'azote a varié avec l'âge de la même façon pour tous les veaux. Il a augmenté jusqu'à la 6^e-7^e semaine de l'essai puis a diminué (fig. 4). Lorsque les animaux recevaient les laits 25-25 il a été égal (64,3) ou supérieur

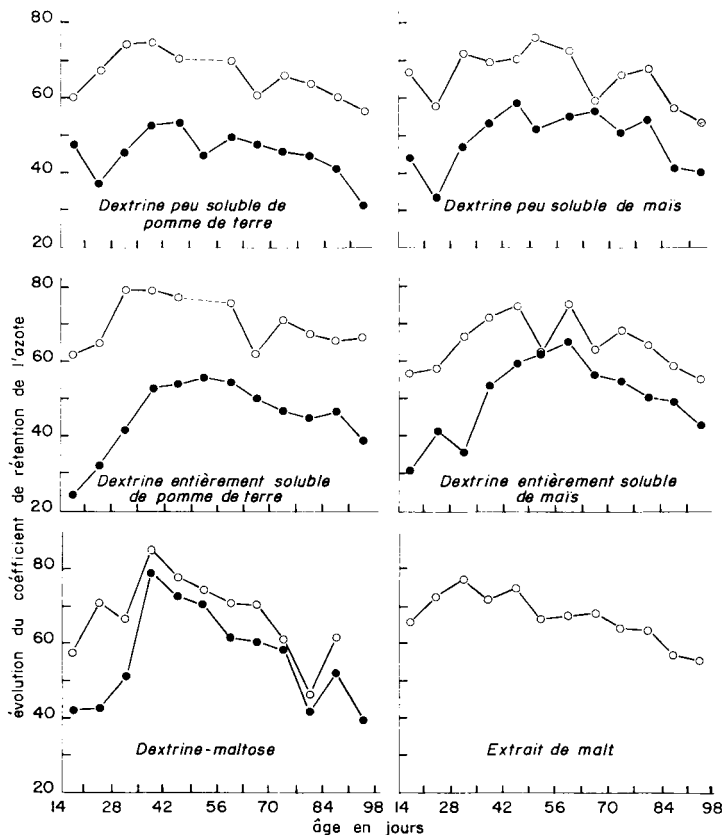


FIG. 4 — Évolution du coefficient de rétention de l'azote avec l'âge

○—○ lait 25-25
●—● lait 5-75

(65,7 ; 66,6 ; 67,3 ; 69,9) à celui des veaux recevant un lait entier isoénergétique (64,6) (MATHIEU et BARRÉ, 1964). Il a été plus faible avec le régime 5-75 (de 43,2 à 53,7) (tabl. I).

Les valeurs individuelles moyennes pour l'ensemble des périodes de mesure du coefficient de rétention de l'azote ont présenté une corrélation significative ($P < 0,01$) avec la quantité d'énergie digestible ingérée par jour ($r = + 0,78$), avec le gain de

TABLEAU 2
Variation de la teneur en sucres réducteurs du sang périphérique et de l'urine

Type de dextrine	Teneur du lait en		Sucres réducteurs du sang (g/l)				Sucres réducteurs de l'urine	
	Matières grasses (g/kg)	Dextrine (g/kg)	au 1 ^{er} repas	2 heures après	au 2 ^e repas	2 heures après	g/l	g/lj
Extrait de malt	25	25	0,80 ± 0,08	1,18 ± 0,20	0,78 ± 0,10	1,23 ± 0,24	0,82	4,41
Dextrine-maltose	5 25	75 25	0,88 ± 0,11 0,80 ± 0,40	1,36 ± 0,26 1,54 ± 0,16	0,90 ± 0,07 0,80 ± 0,18	1,29 ± 0,22 1,52 ± 0,25	1,21 1,60	8,80 3,70
Dextrine entièrement soluble (maïs)	5 25	75 25	0,66 ± 0,21 0,74 ± 0,41	1,37 ± 0,48 1,42 ± 0,33	0,81 ± 0,13 0,83 ± 0,11	1,25 ± 0,25 1,07 ± 0,20	1,24 0,50	5,81 2,35
Dextrine entièrement soluble (pomme de terre)	5 25	75 25	0,54 ± 0,14 0,75 ± 0,05	1,22 ± 0,23 1,06 ± 0,28	0,68 ± 0,18 0,80 ± 0,13	1,13 ± 0,24 1,10 ± 0,19	4,40 0,28	23,06 1,38
Dextrine peu soluble (maïs)	5 25	75 25	0,77 ± 0,10 0,79 ± 0,08	0,91 ± 0,13 1,17 ± 0,22	0,72 ± 0,11 0,73 ± 0,13	0,97 ± 0,15 1,00 ± 0,24	0,36 0,29	4,53 1,49
Dextrine très peu soluble (pomme de terre)	5 25	75 25	0,58 ± 0,12 0,75 ± 0,09	0,93 ± 0,26 1,00 ± 0,28	0,59 ± 0,09 0,75 ± 0,12	1,04 ± 0,20 0,99 ± 0,26	2,37 0,37	15,42 1,75
	5 25	0 0	0,59 ± 0,12 0,83 ± 0,11	1,44 ± 0,26 1,31 ± 0,24	0,67 ± 0,16 0,81 ± 0,15	1,32 ± 0,21 1,46 ± 0,32	1,90 1,40	10,50 8,90

TABLEAU 3
Rendement et composition de différents muscles
(en p. 100 de la matière sèche)

Type de dextrine	Teneur du lait en		Rendement vrai (p. 100)	Matières grasses				Azote			
	Matières grasses (g/kg)	Dextrine (g/kg)		Bavette	Hampe	Onglet	Filet mignon	Bavette	Hampe	Onglet	Filet mignon
Extrait de malt	25	25	66,3	7,4	18,0	16,7	7,3	13,5	11,4	12,2	14,4
Dextrine-maltose	5 25	75 25	65,9 66,2	3,6 6,1	6,2 14,9	6,3 14,5	3,9 5,8	14,6 14,3	13,2 12,0	13,3 12,2	14,2 14,4
Dextrine entièrement so- luble (maïs)	5 25	75 25	62,2 66,1	4,4 5,1	8,0 14,3	8,9	5,8 5,7	13,2 13,2	12,7 11,8	12,5	13,2 13,2
Dextrine entièrement so- luble (pomme de terre)	5 25	75 25	65,5 65,6	3,8 5,0**	8,8 12,6**	8,3	5,2 5,9**	13,1 13,1**	12,4 11,9**	12,7	13,0 13,1**
Dextrine peu soluble (maïs)	5 25	75 25	68,2 65,2	5,5** 6,3*	8,4** 19,7*	8,5**	6,7** 7,8*	13,0** 13,2*	12,5** 10,4*	12,4**	13,1** 13,6*
Dextrine très peu soluble (pomme de terre)	5 25	75 25	64,3 64,0	5,4 4,7	7,5 19,3	6,8	5,6 8,8	12,9 13,1	12,8 10,9	12,4	13,2 12,7
	35	0	65,9	10,9	14,7	19,7	11,1	13,5	11,1	11,8	13,3

* Résultats sur 1 veau au lieu de 3.
** Résultats sur 2 veaux au lieu de 3.

poids des animaux ($r = + 0,89$) et avec la quantité de matière organique digestible ingérée par kg de gain de poids ($r = - 0,83$).

Avec les laits 5-75, ces mêmes valeurs ont varié corrélativement avec la quantité de glucides digestibles ingérés par jour ($r = 0,62$). En revanche, avec les laits 25-25, les variations (de 64,3 à 69,9) du coefficient de rétention ne peuvent pas être reliées à celles de la digestibilité des dextrines étudiées.

Glycémie et glycosurie

Pour compléter les données sur l'utilisation digestive de la fraction glucidique, nous avons étudié l'apparition des sucres réducteurs dans le sang et leur élimination dans l'urine (tabl. 2).

L'augmentation de la glycémie après le repas a été générale mais elle n'a jamais été significativement différente de celle des animaux ne recevant que les laits écrémés correspondants (25 ou 5 p. 1 000 de matières grasses). Cependant, elle a été plus importante avec les produits très hydrolysés : elle a varié de 40 à 100 p. 100 de la glycémie à jeun pour les dextrines entièrement solubles, la dextrine-maltose et l'extrait de malt.

La consommation des laits 25-25 a provoqué une glycosurie très faible (de 0,28 à 1,60 g/l). La quantité de sucres urinaires excrétés par jour est inférieure (de 1,38 à 4,41 g/l) à celle des veaux qui n'ont reçu que le lait écrémé correspondant (8,9 g/j). Les animaux recevant le lait 5-75 ont eu une excrétion de sucres urinaires très variable (de 1,53 à 23,06 g/l) ; elle a été maximum (15,42 et 23,06 g/l) avec les dextrines les moins digestibles (dextrines de pomme de terre entièrement solubles et très peu solubles). Dans tous les cas, l'excrétion journalière de sucres urinaires ne représente qu'un pourcentage très faible des sucres ingérés (de 0,1 à 1,8 p. 100).

Carcasse

Les rendements des veaux à l'abattage ont été satisfaisants (de 60 à 66 p. 100 pour le rendement commercial ; de 62 à 68 p. 100 pour le rendement vrai) (tabl. 3). La substitution des dextrines aux matières grasses du lait a peu modifié les rendements puisqu'ils ont été dans l'ensemble du même ordre de grandeur que ceux des animaux recevant un lait entier à 35 p. 1 000. Mais, comme dans le cas des amidons, cette substitution a provoqué une réduction de la lipogénèse. Les dépôts adipeux des carcasses des veaux recevant les laits riches en dextrines ont été très insuffisants. Les régimes plus riches en matières grasses (25-25) ont permis d'obtenir des carcasses de meilleure qualité dont l'état d'engraissement n'a jamais été cependant aussi satisfaisant que celui des carcasses de veaux recevant du lait entier à 35 p. 1 000 de matières grasses.

DISCUSSION

L'étude de l'utilisation digestive des dextrines nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- la dextrinisation améliore sensiblement le C. U. D. de l'amidon de pomme

de terre mais pas celui de l'amidon de maïs ; dans les deux cas, la croissance des animaux n'est pas significativement plus importante que celle des veaux recevant l'amidon cru correspondant (tabl. 4) ;

— le remplacement d'une partie (10 g/kg de lait) des matières grasses du lait par des dextrines améliore la rétention azotée ;

— la fréquence des diarrhées augmente avec le degré d'hydrolyse de la dextrine.

TABLEAU 4

*Influence de différents traitements technologiques
sur l'utilisation digestive de l'amidon de maïs et de pomme de terre*
(MATHIEU et BARRÉ, 1964 ; MATHIEU et THIVEND, 1968)

	Gain de poids journalier (g/j)		C. U. D. (p. 100)		Fréquence de l'état diarrhérique (1)	
	25-25	5-75	25-25	5-75	25-25	5-75
Amidon de maïs cru	851	601	91,6	65,1	7,5	3,7
Amidon de maïs éclaté	891	608	67,5	57,9	14,5	20,3
Dextrine peu soluble (maïs)...	894	644	92,3	65,9	17,2	3,6
Dextrine entièrement soluble (maïs)	843	734	76,9	70,0	2,8	6,7
Fécule de pomme de terre crue	893	617	58,6	49,7	8,7	1,0
Fécule de pomme de terre éclatée	1 050	791	89,4	55,9	34,0	30,9
Dextrine très peu soluble (pomme de terre)	810	580	84,5	47,7	10,3	0,0
Dextrine entièrement soluble (pomme de terre)	885	674	77,4	61,0	5,1	1,3
Dextrine-maltose	881	697	79,9	63,2	69,4	54,7
Extrait de malt	922		96,9		35,8	
Glucose	950	835	98,7	99,0	11,6	58,6

(1) en p. 100 du nombre de jours de récolte.

Nous allons essayer d'interpréter ces résultats en les comparant aux données obtenues dans des conditions analogues, au cours des différents essais que nous avons effectués pour étudier l'utilisation digestive des glucides par le jeune veau (MATHIEU et DE TUGNY, 1965 ; MATHIEU et THIVEND, 1968 ; MATHIEU et BARRÉ, 1968). Les résultats concernant la glycémie, la rétention de l'eau et l'état d'engraissement des carcasses qui confirment ceux que nous avons obtenus avec les autres glucides étudiés peuvent être interprétés en se reportant à la discussion correspondante dans nos publications précédentes.

I. L'étude cinétique *in vitro* de l'hydrolyse des différentes dextrines par du suc pancréatique de veau (fig. 1) permet d'expliquer en partie le peu d'intérêt que présentent les traitements technologiques (dextrinisation, pré-gélatinisation) pour améliorer la digestibilité des amidons et la vitesse de croissance des animaux. Avec les dextrines entièrement solubles ou avec les amidons éclatés (MATHIEU et THIVEND, 1968), il se forme une quantité importante d'oligoholosides au cours des premiers

stades de l'hydrolyse, puis ultérieurement, le substrat n'est plus attaqué. L'examen chromatographique des produits d'hydrolyse *in vitro* des différentes dextrines par du suc pancréatique de veau (fig. 5) nous a permis d'observer, outre du maltose, des quantités importantes d'isomaltose que le veau ne peut pas hydrolyser car il ne possède pas d'isomaltase (CAPDEVILLE *et al.*, 1967). Par conséquent on peut supposer

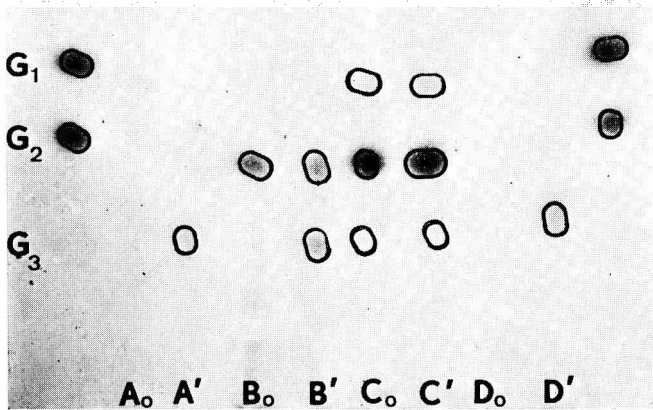


FIG. 5. — Chromatogramme des produits terminaux alcoolosolubles de l'hydrolyse de certaines dextrines par du suc pancréatique de veau

A : Dextrine entièrement soluble de maïs
 B : Dextrine-maltose
 C : Extrait de malt
 D : Dextrine entièrement soluble de pomme de terre
 G : Glucose
 G₂ : Maltose
 G₃ : Triose
 (Pour chaque substrat, la fraction alcoolosoluble a été étudiée avant l'hydrolyse (t₀) et après 24 heures d'incubation (t')).

qu'*in vivo*, après une libération brutale de glucides à courte chaîne, il reste un résidu non dégradé par les amylases digestives. La présence de ce résidu peut expliquer à la fois la faible augmentation des C. U. D. et les gains de poids parfois modestes obtenus avec les dextrines étudiées, puisqu'une partie du produit ne semble pas être utilisée par l'animal. Cette utilisation partielle est encore réduite, dans le cas des dextrines très hydrolysées, par l'accélération du transit que provoquent les diarrhées observées avec ce type d'aliment. Nos conclusions sont analogues à celles de REUSSNER, ANDROS et THIESSEN (1963) qui, en distribuant à des rats une dextrine peu soluble, préparée de la même façon que celles que nous avons étudiées, n'ont pas observé d'amélioration du gain de poids des animaux par rapport à ceux qui recevaient l'amidon cru correspondant.

L'utilisation de produits très riches en glucides solubles à courte chaîne (dextrine-maltose) ne présente pas d'intérêt zootechnique par rapport aux autres produits étudiés. Leur digestibilité est du même ordre que celle des dextrines de maïs, mais leur pouvoir laxatif est encore plus important, ce qui condamne leur utilisation. En revanche, l'extrait de malt utilisé à faible dose (25 g par kg de lait) est très digestible et peut être employé au même titre que le glucose.

2. Comme avec les amidons ou avec le glucose, nous observons la supériorité des dextrines sur les lipides vis-à-vis de l'utilisation de l'azote. Cependant, elle n'est

pas commune à tous les glucides mais semble être l'effet exclusif de l'amidon ou de ses produits d'hydrolyse. A quantité d'énergie ingérée égale, nous avons observé une rétention azotée plus faible en substituant le saccharose aux dextrines (MATHIEU et BARRÉ, 1968). MONSON *et al.* (1954) chez le Poulet, HARPER *et al.* (1953), ALLEN et LEAHY (1966) chez le Rat, aboutissent aux mêmes conclusions. Il semble, en effet, que ce soit par l'intermédiaire du métabolisme du glucose (HEARD, 1964), que se produise l'amélioration de la rétention azotée, ce qui expliquerait le rôle joué par l'amidon ou par ses produits d'hydrolyse. Cependant, malgré cette rétention azotée plus importante, le gain de poids journalier moyen des animaux n'a pas été supérieur à celui des veaux qui recevaient un lait entier isoénergétique à 35 p. 1 000 de matières grasses (MATHIEU et BARRÉ, 1964). Cela provient vraisemblablement de la faible vitesse de croissance des animaux, d'une part pendant la période d'adaptation au régime, d'autre part pendant la période de finition où le ralentissement de la protéinogénèse n'a pu être compensé par une lipogénèse relativement faible. L'étude de la composition chimique de quelques muscles de la carcasse (tabl. 3) montre en effet que les dextrines comme le glucose, le saccharose ou les amidons ne sont pas des précurseurs des matières grasses chez le veau. Il semble au contraire que les glucides soient bien utilisés au cours de la protéinogénèse ce qui indique qu'il est préférable de les employer surtout pendant la phase de croissance de l'animal.

Avec les régimes riches en dextrines (5-75), nous avons observé, comme dans le cas des amidons, une rétention azotée très faible. Il est probable que l'animal a utilisé une partie des protéines alimentaires pour pallier le déficit en énergie provoqué par la digestibilité peu élevée de certaines dextrines. Nous avons pu établir en effet pour les régimes 5-75, une corrélation significative ($r = 0,62$) entre la quantité de glucides digestibles ingérés par jour et le coefficient de rétention de l'azote.

3. D'une façon générale, la fréquence des diarrhées a augmenté avec le degré d'hydrolyse de la dextrine, ceci pouvant être dû, comme nous l'avons suggéré dans le cas de l'amidon, à l'augmentation de la quantité d'oligoholosides libérés dans l'intestin et à la désorganisation de la structure du grain d'amidon. La dextrine de maïs entièrement soluble et l'extrait de malt, tous deux distribués à faible dose (25-25), semblent faire exception à cette règle. Dans le premier cas, il semble que cette apparente contradiction soit liée au critère utilisé dans la caractérisation des différentes classes de fèces. En effet, sur les 56,8 p. 100 des cas normaux, 41,3 ont une teneur en matière sèche comprise entre 20 et 24 p. 100, ce qui les rend très voisins de l'état relâché que l'on devrait observer théoriquement. Dans le second cas, la diminution de l'état diarrhéique est provoquée vraisemblablement par la rapidité d'assimilation de l'extrait de malt et par sa digestibilité élevée (92,2). Nous avons en effet observé une fréquence des diarrhées encore plus faible (MATHIEU et DE TUGNY, 1965) lorsque le glucose remplace l'extrait de malt en quantité quasi équivalente (23 g de glucose par kg de lait à 25 p. 1 000). Or, le C. U. D. du glucose est voisin de 100 et sa vitesse d'absorption au moins égale sinon supérieure à celle du maltose. Il semble donc que l'état diarrhéique soit provoqué non pas par les oses simples (glucose, maltose) qui sont rapidement absorbés, mais plutôt par les oligoholosides solubles à courte chaîne (dextrine-maltose, dextrines solubles) qui ne sont que lentement hydrolysés par l'amylase pancréatique en maltose mais surtout en isomaltose (fig. 5) non absorbé par le Veau (CAPDEVILLE *et al.*, 1967). Par conséquent, on peut penser que l'ensemble de ces produits non assimilables et fermentescibles séjournent dans l'intestin en

quantité suffisante et pendant assez longtemps pour provoquer soit par osmose, soit par déviation de la flore, l'état hydragogue observé.

En conclusion, il semble que pour améliorer l'utilisation digestive des amidons et faciliter leur emploi dans l'alimentation du veau préruminant (maintien en suspension dans le lait), il faille appliquer au produit cru un traitement qui permette une hydrolyse progressive et totale de l'amidon en glucose et en maltose, rapidement absorbés. Ce traitement ne devra pas être brutal (prégélatinisation) afin d'éviter dans l'intestin une accumulation de glucides fermentescibles (isomaltose, oligoholosides) pouvant provoquer des diarrhées. Il ne devra pas aboutir à la formation de composés non dégradés par les enzymes digestifs analogues à ceux qui apparaissent lors de la dextrinisation. Enfin, la teneur en matières grasses du lait sera au moins égale à 25 p. 1 000, afin d'obtenir une carcasse de bonne qualité.

Reçu pour publication en janvier 1970.

SUMMARY

DIGESTION AND UTILIZATION OF FEEDS BY FATTENING PRERUMINANT CALVES.

V. — REPLACEMENT OF MILK FATS BY DEXTRINS

The object of the work was to study, in fattening preruminant calves, the feeding value of different products of the hydrolysis of starch in partly or almost completely skimmed milk.

Six products were used: a poorly soluble (2 p. 100) dextrin from potato; a poorly soluble (25 p. 100) dextrin from maize; two completely soluble dextrins, from maize and potato; a dextrin-maltose and a malt extract. For each product a milk equal in energy to milk with 3.5 p. 100 fat was prepared. The milks had 25 or 75 g dextrins and 25 or 5 g fat per kg. They are described as 25-25 and 5-75.

The diets were given to 31 male calves, 2 or 3 to a diet. The calves were kept in balance cages from about 7 days of age until they were killed at 100 days. The amount of feed taken was large comparable to the amounts usually given to fattening calves. Apparent digestibility of the dextrins and main constituents of the milk, nitrogen balance, blood sugar after feeding and weight gain were estimated weekly.

1. Overall, digestibility of the different dextrins was high. It varied with the type and the amount of dextrin given (table 1), from 96.9 p. 100 for malt extract to 76.9 p. 100 for soluble maize dextrin in 25-25 milks and from 70.0 p. 100 for soluble maize dextrin to 47.7 p. 100 for the poorly soluble potato dextrin in 5-75 milks. Digestibility of dry matter and of organic matter of the milks varied in the same way as that of the dextrins.

2. For the same concentration of dextrins added to the milk (25 to 75 g), daily weight gain of the calves did not differ significantly among the different products studied (table 1); it was less ($P < 0.01$) with 5-75 milks than with 25-25. Overall the more hydrolyzed products tended to give greater gain.

3. In a general way, the poorly soluble dextrins from potato and maize were antidiarrhœic (frequency of diarrhœa between 0 and 17.2 p. 100). The completely soluble dextrins caused almost permanent looseness (40.4 to 94.2 p. 100) and the dextrin-maltose caused a large amount of diarrhœa. In contrast, small amount of malt extract was much less laxative than dextrin-maltose (fig. 2).

4. The coefficient of nitrogen retention varied in the same direction as the daily intake of digestible energy ($r = + 0.78$) (table 1). When the calves were given 25-25 milk it was equal to (64.3) or greater than (65.7-66.6-67.3-69.9) in calves given natural milk of equal energy value (64.6).

5. Increase in blood sugar after feeding was greater for the more hydrolyzed products (table 3) than for the poorly soluble dextrin but it was never significantly different from values in calves given the corresponding skimmed milk. Overall there was very little sugar in urine. The

degree of fatness of the carcasses was generally insufficient, particularly in calves given large amounts of dextrins.

6. The study of digestive utilization of the dextrins allows the following conclusions to be drawn :

— dextrinization appreciably improves digestibility of potato starch but not maize starch. In these two cases growth is not significantly greater than in calves given the corresponding raw starch (table 4) ;

— the replacement of part (10 g per kg) of the milk fat by dextrins improves nitrogen retention ;

— frequency of diarrhoea increases with the degree of hydrolysis of the dextrin.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN R. J. L., LEAHY J. S., 1966. Some effects of dietary dextrose, fructose, liquid glucose and sucrose in the adult male rat. *Br. J. Nutr.*, **20**, 339-347.
- CAPDEVILLE Y., FRÉZAL J., JOS J., REY J., LAMY M., 1967. Culture de tissu intestinal de veau. Étude de la différenciation cellulaire et des activités disaccharasiques. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **264**, série D, 519-521.
- DOLLAR A. M., PORTER J. W. G., 1957. Utilization of carbohydrates by the young calf. *Nature*, **179**, 1299-1300.
- FLIPSE R. J., HUFFMAN C. F., DUNCAN C. W., THORP F., 1948. A comparison of corn starch, dextrin and corn sugar as the principal carbohydrate source in synthetic rations for calves. *J. Dairy Sci.*, **31**, 674-675.
- HARPER A. E., MONSON W. J., ARATA D. A., BENTON D. A., ELVEHJEM C. A., 1953. Influence of various carbohydrates on the utilization of low protein rations by the white rat. II. Comparison of several proteins and carbohydrates growth and liver fat. *J. Nutr.*, **51**, 523-537.
- HEARD C. R. C., 1964. Carbohydrates and protein. *Proc. Nutr. Soc.*, **23**, 110-119.
- HUBER J. T., JACOBSON N. L., MCGILLIARD A. D., MORRILL J.-L., ALLEN R. S., 1961. Digestibilities and diurnal excretion patterns of several carbohydrates fed to calves by nipple pail. *J. Dairy Sci.*, **44**, 1484-1493.
- MATHIEU C.-M., BARRÉ P. E., 1964. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. I. Utilisation des laits entiers ou partiellement écrémés. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 403-422.
- MATHIEU C.-M., DE TUGNY H., 1965. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. II. Remplacement des matières grasses du lait par du glucose. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 21-39.
- MATHIEU C.-M., THIVEND P., 1968. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. III. Remplacement des matières grasses du lait par différents amidons. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 249-271.
- MATHIEU C.-M., BARRÉ P. E., 1968. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. IV. Remplacement des matières grasses du lait par du saccharose. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 501-515.
- MONSON W. J., DIETRICH L. S., ELVEHJEM C. A., 1950. Studies on the effect of different carbohydrates on chick growth. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **75**, 256-259.
- OKAMOTO M., THOMAS J. W., JOHNSON T. L., 1959. Utilization of various carbohydrates by young calves. *J. Dairy Sci.*, **42**, 920.
- REUSSNER G., ANDROS J., THIessen R., 1963. Studies on the utilization of various starches and sugars in the rat. *J. Nutr.*, **80**, 291-298.