Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 71 (1980)

Heft: 1

Artikel: Etude de la digestibilité des lipides dans des laits destinés à l'alimentation infantile

Autor: Dentan, Eliane

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983507

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Trav. chim. aliment. hyg. **71**, 108—118 (1980)

Eliane Dentan, Société d'assistance technique pour produits Nestlé SA, La Tour-de-Peilz

Etude de la digestibilité des lipides dans des laits destinés à l'alimentation infantile*

Introduction

L'absorption des lipides au niveau de la muqueuse intestinale a fait l'objet de très nombreux travaux (1, 2, 3, 8, 11, 15, 24, 25, 27) mais les transformations morphologiques qu'ils subissent au cours de la lipolyse intraluminaire sont encore peu connues. *Ricour* et *Rey* (17, 18) ont pu démontrer, par analyses chimiques au cours d'expérimentations «in vivo», que dans la lumière intestinale les lipides ingérés se répartissent en deux fractions distinctes: une fraction «huileuse» contenant la totalité des triglycérides (TG) et des diglycérides (DG) ainsi qu'une certaine partie des monoglycérides (MG) et des acides gras libres (AGL), et une fraction «micellaire» contenant presque exclusivement des monoglycérides et des acides gras libres. Ils ont également montré qu'il existe une solubilisation préférentielle des monoglycérides dans les micelles, et qu'il semble y avoir une absorption plus rapide des monoglycérides que des acides gras libres (17).

Il paraissait intéressant d'examiner la morphologie de ces deux fractions et d'identifier leurs principaux constituants. Cependant ces lipides se comportent comme des cristaux liquides (4, 7, 14, 16, 22, 23), et les mésophases observées dépendent des concentrations et de la température. Vu les conditions d'émulsification existantes dans la lumière intestinale, les lipides devraient y présenter un mésomorphisme lyotropique (12). Il faut donc recourir à des systèmes modèles, afin d'interpréter les structures observées pour les fractions huileuses et micellaires prélevées dans la lumière intestinale.

Matériel et méthodes

Lipides

Les lipides utilisés pour ce travail sont contenus dans un lait pour bébés, commercialisé et reconstitué selon des indications du fabricant (NAN, Nestlé). Ils sont formés d'un mélange beurre de lait/huile de maïs, et comprennent donc des acides gras saturés et non saturés, de longueur de chaîne variable, mais essentiellement située entre C_{10} et C_{20}. Les plus importants sont l'acide palmitique (24%),

* Présenté comme poster.

l'acide oléique (28%), l'acide stéarique (12%) et l'acide linoléique (13%). Ils forment près de 80% de l'ensemble des lipides et jouent un rôle prépondérant en ce qui concerne l'aspect ultrastructurel du mélange (5).

Systèmes modèles

On prend comme systèmes modèles les diverses fractions obtenues après lipolyse «in vitro» (6) effectuée sur les lipides du NAN. 500 mg de lipides totaux sont mélangés avec 9 ml de tampon Tris 1 M, pH 7,2, 0,5 ml de cholate de sodium technique 1% aq., 80 mg de lipase pancréatique de porc (Stéapsine, Fluka) et 0,5 ml de $CaCl_2$ 45% aq. (solution saturée). Ils sont maintenus à 40 °C pendant 30 minutes, sous agitation intense. Après stoppage de l'activité lipolytique par adjonction de HCl dilué, les lipides sont extraits à l'éther éthylique, puis séparés par chromatographie sur couche mince: Kieselgel G (Merck), épaisseur: 250 μ. Phase mobile: éther de pétrole, éther éthylique, acide formique 60:40:1,6. Comme révélateur, on utilise la rhodamine B, 0,1%/alcool éthylique.

On obtient alors des fractions pures de mono-, di-, triglycérides et acides gras libres. Ces diverses fractions sont récupérées et pesées. Puis des aliquotes sont émulsionnées à 40 °C pendant 5 minutes dans 2,0 ml d'acide phosphotungstique 2% aq. (11) amené à pH 7,0 par adjonction de NaOH n (PTNa). Toujours à 40 °C, des microgouttes de ces émulsions sont déposées sur des grilles pour microscope électronique, recouvertes d'un film formvar carbone. Le temps de contact est de 1 minute. Après retrait des gouttes et séchage à même température, les préparations sont examinées au microscope électronique Philips 300.

Lipolyse «in vivo»

La technique décrite par *Ricour* et *Rey* (17, 18) a été utilisée. Elle consiste à faire une intubation de la première anse jéjunale, puis à siphonner à intervalles donnés, après ingestion, le liquide contenu dans la lumière intestinale, et à analyser les divers éléments prélevés. Une sonde ayant été mise en place la veille chez un nourrisson bien portant, âgé de 5 mois, un biberon de 150 ml de lait reconstitué est donné. Le premier prélèvement est fait dès l'arrivée du liquide au niveau de la sonde, soit 15 minutes déjà après l'ingestion. Trois autres prélèvements sont effectués 60, 95 et 175 minutes après l'ingestion. Un deuxième biberon de 100 ml de lait reconstitué est donné à la suite du second prélèvement. Le produit de chaque siphonnage est immédiatement chauffé à 70 °C pendant 10 minutes pour stopper toute action de la lipase pancréatique. Ces prélèvements appelés «phases totales» sont centrifugés pendant 4 h à 75 000 g dans un rotor stabilisé à 37 °C. On obtient pour chaque échantillon une fraction dite «huileuse» en surface, une fraction «micellaire» très importante et un culot, peu important, qui est écarté. Le contenu lipidique de ces diverses fractions est dosé selon la méthode décrite par *Ricour* et *Rey* (17, 18). Des aliquotes sont prélevées pour un examen en microscopie électronique à transmission. Les phases totales et micellaires, très aqueuses sont simplement mélangées, à part égale, à du PTNa 2%

aq., pH 7,0, et déposées sur des grilles comme précédemment décrit. Les fractions huileuses sont épaisses. Elles sont déposées par contact sur des grilles, et le surplus retiré avec un papier filtre. Puis du PTNa 2% aq., pH 7,0, est déposé pendant 1 minute, et les grilles séchées comme précédemment.

Résultats

Lipolyse «in vitro» — Systèmes modèles

Les dosages pratiqués sur les fractions récoltées après chromatographie sur couche mince donnent les résultats indiqués dans le tableau 1.

Tableau 1. Lipolyse in vitro - lipides récoltés

Lait	AGL	MG	DG	TG
	% des lipides totaux de départ			
NAN	45,90	14,75	12,10	17,25

Au microscope électronique, ces fractions montrent un mésomorphisme important, à l'exception des monoglycérides qui, dans nos conditions de travail, se trouvent sous une seule forme. La terminologie adoptée pour la description de ces structures est celle proposée par *Luzzati* et *Husson* (13).

Acides gras libres

Ils se trouvent essentiellement sous deux formes distinctes:

1. Des grandes monocouches dont la périphérie prend souvent un aspect lamellaire. L'épaisseur de la lamelle marginale est de 6 nm.
2. Moins importante une phase hexagonale montre une disposition régulière de petits anneaux dont le diamètre est de 6 nm. L'épaisseur de leur parois est de 1,8 nm.

Monoglycérides

Phase hexagonale inversée plus ou moins dispersée, comportant des petits bâtonnets présentant une configuration en palissade, ou vus en position perpendiculaire sous forme de petits anneaux. L'épaisseur des parois est de 2,5 nm.

Diglycérides

Ils se trouvent sous 4 formes distinctes:

1. Phase lamellaire typique, avec ses séquences alternées de couches planes lipides et eau. L'épaisseur des bandes lipidiques est de 4 nm.
2. Monocouches régulières, sans structure visible.

3. Quelques cristaux solides, sans structure de surface visible.
4. Des agglomérats de chaînes de petits anneaux. La largeur de ces chaînes correspond au diamètre d'un anneau. Le diamètre est de 8 nm et l'épaisseur de leur paroi 2,8 nm.

Triglycérides

Ils se trouvent sous 5 formes distinctes:

1. Des monocouches, sans structure visible.
2. Des cristaux solides.
3. Des monocouches à structure hexagonale inversée, composée de petits anneaux de diamètre variable. L'épaisseur de la paroi de ces anneaux est constante: 3 nm.
4. Des agglomérats de petits bâtonnets de longueur variable, de diamètre constant de 12 nm. L'épaisseur des parois est de 4,5 nm.
5. Une phase cubique inverse montrant des petits anneaux juxtaposés selon des axes orthogonaux. Le diamètre de ces anneaux est de 12 nm, l'épaisseur des parois de 4,5 nm.

L'épaisseur moyenne de la paroi des petits anneaux, seule structure régulière observée dans les mésophases des quatre fractions, est résumée dans le tableau 2.

Tableau 2. Diamètre moyen de la paroi des anneaux, exprimé en nm

AGL	MG	DG	TG
1,8	2,5	2,8	3,0 et 4,5

Lipolyse «in vivo»

Dosage des lipides

La composition en lipides des diverses fractions prélevées dans la lumière intestinale est donnée dans le tableau 3.

1. *Aspect morphologique* (fig. 1)

Les phases totales contiennent un mélange des structures observées soit dans les fractions huileuses, soit dans les fractions micellaires. Ce sont donc ces deux séries qui sont décrites.

2. *Fraction huileuse*

Lors du premier prélèvement, à l'arrivée du liquide au niveau de la sonde — soit 15 minutes après l'ingestion — on observe essentiellement des monocouches sans structure apparente. Cependant, en périphérie, on distingue des petits anneaux, dont la paroi a une épaisseur de 4 nm, qui se détachent et migrent dans le milieu. Cette transformation est attribuée à l'action de la lipase pancréatique.

Tableau 3. Contenu en lipides des fractions prélevées par tubage, exprimé en μMol/ml de liquide intestinal

Fractions		TG	DG	MG	AGL	≃ % φ *M*
I 0— 15′	*T*	8,0	12,5	14,4	59,4	
	M			0,5	5,4	6,8
II 15— 65′	*T*	2,5	8,1	16,2	35,4	
	M			1,3	4,0	8,5
III 65— 95′	*T*	4,5	7,5	5,0	52,2	
	M			0,5	6,0	9,2
IV 95—175′	*T*	3,0	6,0	15,0	62,4	
	M			0,6	4,0	5,3

T = Phase totale
M = Phase micellaire
H = Phase huileuse (*T*—*M*)
φ *M* = % lipides dans *M*

Elle n'est pas limitée à la périphérie des monocouches. Sur leur surface, on observe des zones présentant des dislocations avec apparition des petits anneaux ayant tendance à s'aligner en chaînes. L'épaisseur de la paroi de ces anneaux est de 4 nm.

L'estomac déversant son contenu par à-coups, on observe au cours des prélèvements suivants des mélanges de lipides n'ayant subi qu'une très courte hydrolyse intraluminaire, et d'autres une hydrolyse plus longue. C'est pourquoi on continue à observer des monocouches présentant les mêmes caractéristiques que pour le premier prélèvement. A côté de ces couches, on observe des monocouches plus fortement infiltrées. Les bords de ces couches se décomposent en petites lamelles, ou en petits anneaux qui se détachent et s'agglomèrent en flocons de dimension variable. Ces flocons ont soit une structure hexagonale, soit une structure lamellaire.

Au cours du temps, ces flocons se désagrègent et les anneaux se dispersent. En même temps leur paroi s'amincit, et atteint 2,5 nm.

3. *Fraction micellaire*

Dans le premier prélèvement, seuls quelques débris cellulaires sont visibles. Dans les prélèvements suivants, on note l'apparition d'anneaux plus ou moins isolés, ou des petits flocons en voie de dislocation. L'épaisseur des parois des anneaux isolés est de l'ordre de 1,8—2,5 nm.

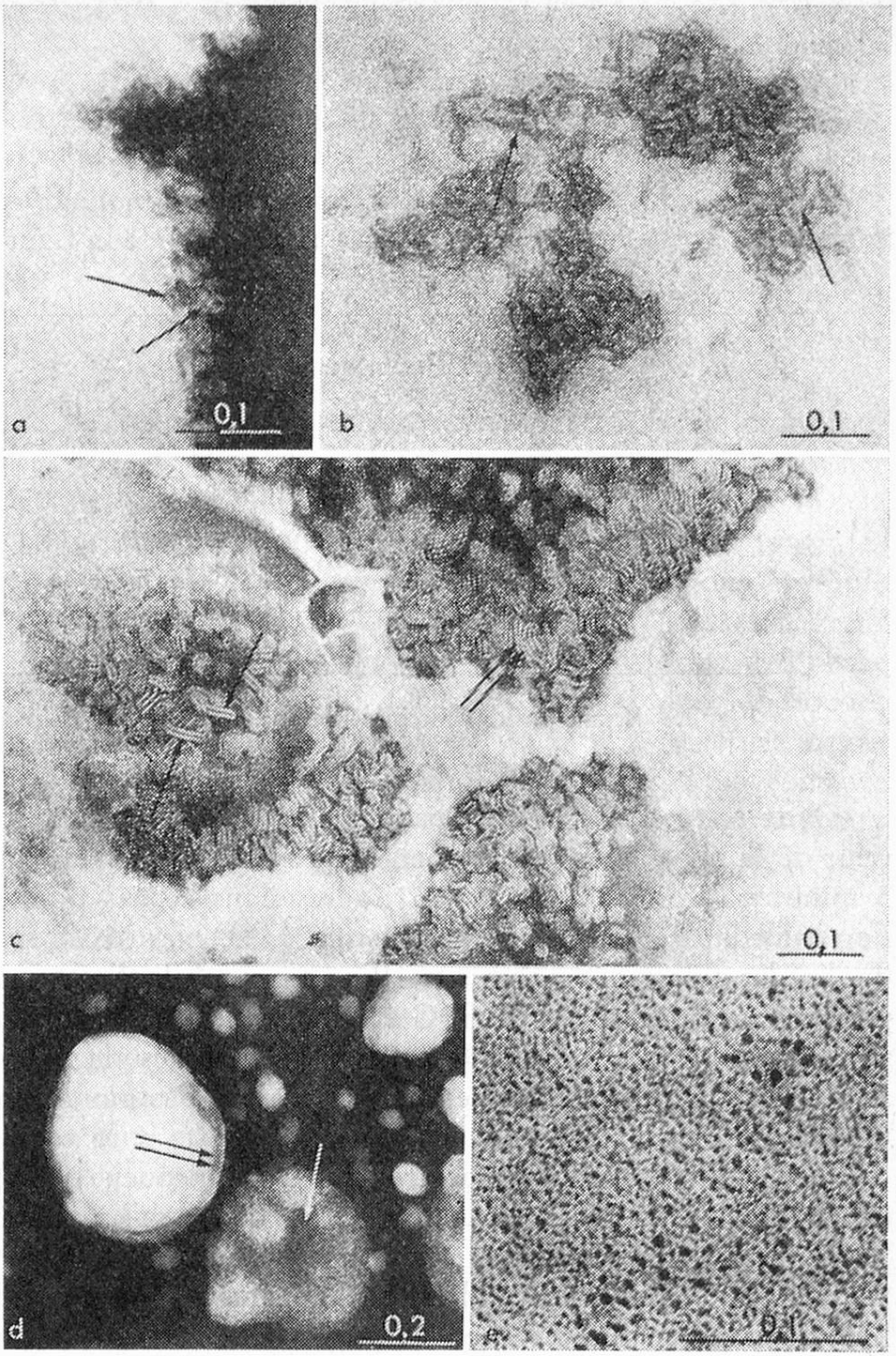

Fig. 1.
Lipolyse «in vivo».
Prélèvements I et II.

a = Prélèvement I, fraction huileuse. La périphérie des monocouches montre un début de pénétration par le milieux aqueux. Des petits anneaux (↑) se détachent des monocouches; x 172 000

b = Prélèvement I, fraction huileuse. La surface des monocouches présente également une pénétration par le milieu aqueux. Les petits anneaux formés ont tendance à s'aligner en chaînes (↑); x 133 000

c = Prélèvement II, fraction huileuse. La pénétration des monocouches par le milieu aqueux est très importance, ce qui provoque la formation des petites lamelles, isolées (↑) ou en groupe (↑↑); x 128 000

d = Prélèvement II, fraction huileuse. Des flocons lipidiques détachés des monocouches présentent soit une structure hexagonale (↑), soit une structure lamellaire (↑↑); x 74 000

e = Prélèvement II, fraction micellaire. Des petits anneaux, de diamètre variable, sont totalement dispersés dans toute la préparation; x 296 000

Discussion

Lipolyse «in vitro»

Dans les conditions de travail décrites, les monoglycérides (MG) n'existent que sous la forme hexagonale inversée (Phase M_2 de la figure 2) (9, 28).

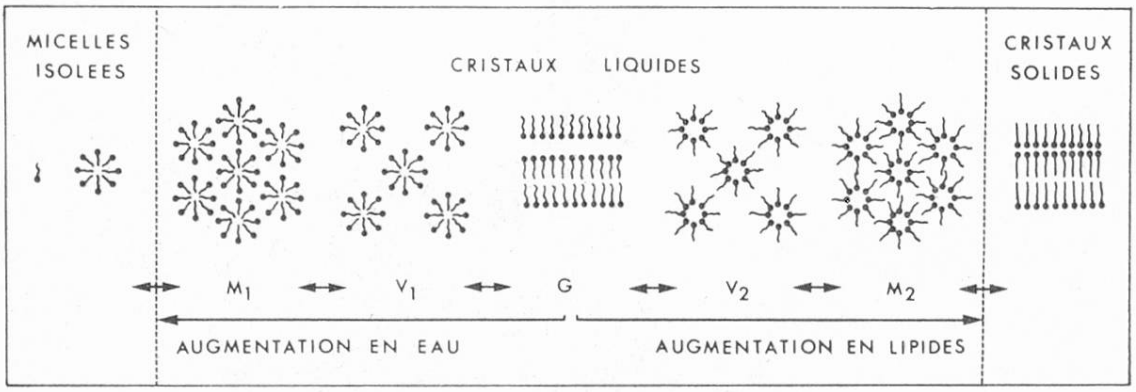

Fig. 2. Variation des micelles en fonction de la teneur en eau du milieu

Dans cette phase M_2, la partie polaire des molécules est dirigée vers l'intérieur de la micelle, ce qui permet une pénétration du milieu aqueux. Il semble que 5 minutes d'émulsion soient suffisantes dans ce cas pour provoquer une dispersion micellaire des MG. Selon *Small* (20, 21), les MG font partie de la classe II des lipides polaires «insoluble swelling amphiphilic lipids». La pénétration est donc plus facile que pour les TG, DG et AGL qui font partie de classe I «insoluble non swelling amphiphilic lipids». Les lipides polaires de la classe I, mis en contact avec un milieu aqueux ont tendance à former des monocouches stables, sans pénétration par l'eau (19, 21).

Les AGL se présentent sous forme de monocouches et phase hexagonale simple (M_1). Après émulsion il y a donc début de solubilisation du milieu aqueux dans les lipides.

Les DG comprennent 4 formes distinctes: cristaux solides, monocouches régulières, phase lamellaire (G) et des petites chaînes. Cette dernière structure pourrait correspondre à un état de transition entre phase lamellaire et hexagonale. Le temps d'émulsion est trop court dans cette fraction pour obtenir une infiltration régulière du milieu aqueux dans les lipides. Les phases M_1 et V_1 n'ont pas été atteintes.

Les TG montrent la pénétration la moins importante par le milieu aqueux. On observe des cristaux solides, des grandes monocouches, une phase M_2 et une phase V_2. La phase lamellaire G n'a pas même été atteinte.

Dans toutes les phases examinées, à l'exception de la phase lamellaire, un élément se retrouve toujours: les petits anneaux dont la paroi varie en épaisseur selon la fraction envisagée. On peut admettre qu'ils représentent les micelles de base. Ce sont ces structures annulaires qui vont permettre d'analyser les fractions lipidiques prélevées dans la lumière intestinale.

La constatation que les monoglycérides sont complètement émulsionnés en cinq minutes est à rapprocher des résultats obtenus par *Ricour* et *Rey* (17, 18) démontrant une solubilisation préférentielle des MG dans la lumière intestinale; le fait qu'ils soient plus vite émulsionnés pourrait expliquer partiellement leur absorption plus rapide que celle des acides gras (10, 26).

Lipolyse «in vivo»

Au sortir de l'estomac, la fraction huileuse se trouve sous forme de monocouches régulières. Cependant, sous l'action de la lipase pancréatique et en présence des sels biliaires, on remarque une infiltration progressive par l'eau aussi bien à la périphérie qu'à la surface des monocouches. On note alors une fragmentation de ces couches et l'apparition de phases lamellaires (G) ou hexagonale simple (M_I) selon la concentration locale en eau. Des flocons de ces deux phases migrent dans le milieu aqueux. Selon la figure 2 la phase G se transforme en phase M_I lorsque la concentration en eau augmente. On peut estimer que les flocons à structure lamellaire se transforment rapidement en flocons à structure hexagonale; puis tous ces flocons se désagrègent complètement, et l'on constate alors dans la fraction micellaire une dispersion, sous forme de petits anneaux isolés, des éléments constituant la phase hexagonale. Les prélèvements II, III et IV offrent tous le même aspect.

D'autre part, les anneaux qui se détachent des monocouches pour former les flocons de phase M_I ont une paroi épaisse de 3 ou 4 nm. Les anneaux de flocons hexagonaux isolés présentent les mêmes variations. Les anneaux mesurés dans la fraction micellaire ont une paroi dont l'épaisseur varie autour de 2—2,5 nm. Si l'on se réfère aux mesures effectuées dans la première partie de ce travail on peut estimer que les anneaux les plus grands sont formés d'agrégats moléculaires de triglycérides ou de diglycérides, qui sont encore soumis à l'action de la lipase pancréatique, alors que la fraction micellaire comporte essentiellement des agglomérats de monoglycérides ou d'acides gras libres. Ces micelles vont à leur tour se séparer en molécules distinctes pour franchir la paroi intestinale.

Remerciements

Nous tenons à remercier très vivement Monsieur le Prof. *J. Rey* et le Dr *Ricour* (Hôpital des Enfants Malades, Paris) pour les intubations effectués sur des nourrissons, ainsi que les dosages effectués sur les fractions prélevées; M. le Dr *U. Bracco* pour la préparation des lipolyses «in vitro» ainsi que le dosage des lipides s'y rapportant, de même que Mme *M. Weber* pour la préparation du matériel photographique.

Résumé

Une lipolyse «in vitro» et une lipolyse «in vivo» sont effectuées sur les lipides totaux d'un lait pour bébés. Après lipolyse «in vitro», on obtient des fractions pures de monoglycérides (MG), diglycérides (DG), triglycérides (TG) et acides gras libres (AGL). Après coloration négative, les mésophases observées au microscope électronique à transmission servent de système modèle.

Au cours de la lipolyse «in vivo», les lipides ingérés se présentent en monocouches qui sont très rapidement infiltrées par le milieu aqueux (action de la lipase pancréatique et des sels biliaires). Elles se dissocient au cours du temps en petites lamelles ou en anneaux, qui migrent dans le milieu sous forme de flocons. Ces flocons se désagrègent à leur tour, et dans la phase micellaire, on observe des anneaux isolés. Selon les mesures faites sur les systèmes modèles, ces anneaux sont formés d'agrégats moléculaires de MG ou AGL, alors que dans les flocons et à proximité des monocouches, ils sont formés de molécules de DG ou TG. Ces résultats correspondent aux analyses biochimiques.

Zusammenfassung

Die gesamten Lipide einer Säuglingsmilch werden «in vitro» und «in vivo» einer Lipolyse unterworfen. Die nach «in vitro»-Lipolyse erhaltenen reinen Fraktionen von Monoglyceriden (MG), Diglyceriden (DG) und Triglyceriden (TG) sowie die freien Fettsäuren (FFS) sind unter dem elektronen Mikroskop beobachtet und dienen als Modellsysteme.

Während der «in vivo» Lipolyse stellen sich die Lipide als Monoschicht dar, welche unter dem Einfluß der pankreatischen Lipase und der Gallensalze durch das wässerige Milieu sehr rasch infiltriert werden. Sie dissoziieren dann zu kleinen Lamellen oder Ringen, welche sich flockenförmig im Milieu bewegen. Diese Flocken lösen sich ihrerseits auf, und in der micellären Phase beobachtet man isolierte Ringe. Gemäß den Messungen an den Modellsystemen bestehen diese Ringe aus Molekülaggregaten von MG oder FFS, währenddem die Ringe in den Flocken und in der Nähe der Monoschichten aus DG- oder TG-Molekülen bestehen. Diese Befunde decken sich mit den biochemischen Analysen.

Summary

«In vitro» and «in vivo» lipolyses were performed on the total lipids of a milk product for babies. After «in vitro» lipolysis, purified fractions of the free fatty acids (FFA), mono- (MG), di- (DG) and triglycerides (TG) were examined in the transmission electron microscope. The observed mesophases were used as model systems.

In the course of the «in vivo» lipolysis the ingested lipids were found in the form of monolayers which rapidly became infiltrated by the aqueous medium (action of the pancreatic lipase and bile salts). The monolayers disintegrated gradually (function of time) into small lamellae or rings which migrated into the aqueous medium in the form of flocs. These flocs disaggregated with time as well and in the micellar phase, isolated ring structures were observed. By comparison with the model system («in vitro» lipolysis) it could be concluded that within the flocs, in the proximity of the monolayers, the ring structures were formed by aggregates of DG and TG, whereas in the micellar phase they consisted of MG and FFA. These results were in correspondance with biochemical analyses.

Bibliographie

1. *Bergot, P.* et *Flechon, J.-E.:* Forme et voie d'absorption intestinale des acides gras à chaîne longue chez la truite arc-en-ciel. I. Lipides en particules. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **10**, 459—472 (1970).
2. *Bergot, P.* et *Flechon, J.-E.:* Forme et voie d'absorption intestinale des acides gras à chaîne longue chez la truite arc-en-ciel. II. Lipides étalés. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **10**, 473—480 (1970).
3. *Cardell, R. R., Badenhausen, S.* et *Porter, K. R.:* Intestinal triglyceride absorption in the rat. An electron microscopical study. J. Cell Biol. **34**, 123—155 (1967).
4. *Chapman, D.:* The structure of lipids, p. 300—304. Methuen and Co. Ltd., London 1965.
5. *Deman, J. M.:* Physical properties of milk fat. J. Dairy Sci. **47**, 1194—1200 (1964).
6. *Desnuelle, P.* et *Savary, P.:* Specificities of lipases. J. Lipid Res. **4**, 369—384 (1963).
7. *Ekwall, P., Mandell, L.* et *Fontell, K.:* Solubilization in micelles and mesophases and the transition from normal to reversed structures. Proceedings of the 2nd international liquid crystal conference. Liquid crystal 2, Part II, 325—381. Gordon and Breach Science Publishers, London 1969.
8. *Gordon, S. G., Miner, P. B.* et *Kern, F.:* Characteristics of conjugated bile salt absorption by hamster jejunum. Biochim. Biophys. Acta **248**, 333—342 (1971).
9. *Hartshorne, N. H.* et *Stuart, A.:* Liquid crystals. Crystals and the polarising microscope, p. 503—555. Edward Arnold Publishers Ltd., London 1970.
10. *Hofman, N. E., Simmonds, W. J.* et *Morgan, R. G. H.:* A comparison of absorption of free fatty acid and α-glyceryl ether in the presence and absence of a micellar phase. Biochim. Biophys. Acta **231**, 487—495 (1971).
11. *Howell, J. I., Lucy, J. A., Pirola, R. C.* et *Bouchier, I. A. D.:* Macromolecular assemblies of lipid in bile. Biochim. Biophys. Acta **210**, 1—6 (1970).
12. *Lawrence, A. S. C.:* Lyotropic mesomorphism in lipid-water systems. Proceedings of the 2nd international liquid crystal conference. Liquid crystal 2, Part I, 1—57. Gordon and Breach Science Publishers, London 1969.
13. *Luzzati, V.* et *Husson, F.:* The structure of the liquid-crystalline phases of lipid-water systems. J. Cell Biol. **12**, 207—219 (1962).
14. *Luzzati, V., Tardieu, A.* et *Gulik-Krzywicki, T.:* Polymorphism of lipids. Nature **217**, 1028—1030 (1968).
15. *Porter, K. R.:* Independence of fat absorption and pinocytosis. Fed. Proc. **28**, 35—40 (1969).
16. *Reiss-Husson, F.:* Structure des phases liquide-cristallines de différents phospholipides, monoglycérides, sphingolipides, anhydres ou en présence d'eau. J. Mol. Biol. **25**, 363—382 (1967).
17. *Ricour, C.* et *Rey, J.:* Study of the oil and micellar phases during fat digestion in the normal child. Rev. Europ. Etudes Clin. Biol. **XV**, 287—293 (1970).
18. *Ricour, C.* et *Rey, J.:* Hydrolysis rates of long chain triglycerides: «in vivo» study. Rev. Europ. Etudes Clin. Biol. **XV**, 786—788 (1970).
19. *Shah, D. O.:* Surface chemistry of lipids. Advances in Lipid Research. **8**, 347—431 (1970).
20. *Small, D. M., Penkett, S. A.* et *Chapman, D.:* Studies on simple and mixed bile salt micelles by nuclear magnetic resonance spectroscopy. Biochim. Biophys. Acta **176**, 178—189 (1969).

21. *Small, D. M.:* Surface and bulk interactions of lipids and water with a classification of biologically active lipids based on these interactions. Fed. Proc. **29**, 1320—1326 (1970).
22. *Stoeckenius, W., Schulman, J. H.* et *Prince, L. M.:* The structure of myelin figures and microemulsions as observed with the electron microscope. Kolloid-Z. **169**, 170—180 (1960).
23. *Stoeckenius, W.:* Some electron microscopical observations on liquid-crystalline phases in lipid-water systems. J. Cell Biol. **12**, 221—229 (1962).
24. *Strauss, E. W.:* Electron microscopic study of intestinal fat absorption in vitro from mixed micelles containing linoleic acid, monoolein, and bile salt. J. Lipid Res. **7**, 307—323 (1966).
25. *Sylven, C.:* Influence of blood supply on lipid uptake from micellar solutions by the rat small intestine. Biochim. Biophys. Acta **203**, 365—375 (1970).
26. *Tomarelli, R. M., Meyer, B. J., Weaber, J. R.* et *Bernhart, F. W.:* Effect of positional distribution on the absorption of the fatty acids of human milk and infant formulas. J. Nutrition **95**, 583—590 (1968).
27. *Vododar, N.* et *Flanzy, J.:* Mécanisme de la pénétration et voie d'acheminement des graisses dans la cellule absorbante de l'intestin grêle du porc. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. **6**, 315—332 (1966).
28. *Windsor, P. A.:* Binary and multicomponent solutions of amphiphilic compounds. Solubilization and the formation, structure and theoretical significance of liquid crystalline solutions. Chem. Rev. **68**, 1—40 (1968).

Eliane Dentan
Société d'assistance technique
pour produits Nestlé SA
Département recherche
Case postale 88
CH-1814 La Tour-de-Peilz