

La membrane du globule gras du lait (MFGM) : une composition et une structure originale.

Pascal Bodson¹, Caroline Vanderghem², Sabine Danthine³, Christophe Blecker⁴, Frédéric Francis⁵, Michel Paquot⁶, Claude Deroanne⁷

¹ Assistant, ² Doctorante, ³ Assistante, ⁴ Chef de travaux, ⁷ Chef de Service, FUSAGx, Unité de Technologie des Industries Agro-Alimentaires, URL: <http://www.fsagx.ac.be/ta>

¹ Assistant, ⁶ Chef de Service, FUSAGx, Unité de Chimie Biologique Industrielle, URL: <http://www.fsagx.ac.be/cb>

⁵ Premier assistant, FUSAGx, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, URL: <http://www.fsagx.ac.be/zg>
Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux,
Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgique.

Contact e-mail : bodson.p@fsagx.ac.be

Cette recherche bénéficie du soutien financier de la Région Wallonne - Direction Générale de l'Agriculture (DGA)

Introduction

La matière grasse du lait se présente sous la forme d'une émulsion de globules gras stabilisés en phase aqueuse. Ces globules ont une taille comprise entre 0.1 et 10 µm et sont entourés par une fine membrane d'origine biologique appelée MFGM (milk fat globule membrane). Depuis de nombreuses années, l'étude de la MFGM est une thématique privilégiée au sein de notre institution dans une optique permanente d'innovation et de valorisation dans le secteur laitier. L'expérience acquise au sein de nos laboratoires porte à la fois sur l'analyse fine de la composition et de la structure de la MFGM native mais aussi sur l'examen des potentialités d'applications des propriétés techno-fonctionnelles associées (Danthine et al., 2000).

Origine biologique de la MFGM

Tout comme les autres constituants du lait (protéines, lactose, minéraux), la matière grasse laitière trouve son origine dans les cellules épithéliales de la glande mammaire. D'infimes gouttelettes lipidiques sont synthétisées par le réticulum endoplasmique. Ces précurseurs intracellulaires migrent dans le cytoplasme et vont coalescer pour constituer des gouttelettes de taille plus importante et entourées d'une monocouche essentiellement constituée de lipides polaires et de protéines aux propriétés physico-chimiques spécifiques. Lors de la sécrétion du lait, les globules gras sont progressivement enveloppés par la membrane plasmique des cellules sécrétrices et emportent avec eux une partie de cette membrane biologique qui est constituée d'une bicouche de phospholipides et de protéines ce qui permet de stabiliser l'émulsion de la matière grasse butyrique dans la phase sérique (Evers, 2004).

Composition de la MFGM

Le mode d'isolement de la MFGM et les méthodes d'analyse utilisées peuvent influencer les résultats du profil protéique et lipidique. Selon nos propres résultats et en accord avec la littérature (Singh, 2006), la MFGM se compose d'un mélange complexe 50/50 de protéines et de lipides. Les protéines de la MFGM sont caractéristiques de celle-ci. Elles sont présentes en petite quantité dans le lait où elles ne représentent que 1 à 2% des protéines totales. Les protéines de la MFGM sont transmembranaires ou périphériques. Elles ont été séparées par électrophorèse 2D et identifiées par MALDI-TOF-TOF. Les protéines majeures sont la butyrophiline, la xanthine oxydase, l'adipohilin et la lactadhérine. Bien que le rôle de toutes les protéines de la MFGM n'ait pas encore été élucidé, certaines d'entre elles sont impliquées dans le processus de sécrétion du lait.

La fraction lipidique de la MFGM extraite au laboratoire se compose d'environ 65% de lipides neutres (triglycérides et moins de 6% de cholestérol) et de 35% de lipides polaires dont 26% de phospholipides (PE, PC, PI et PS) et 9% de sphingolipides (SM, LC, GC). Les principaux lipides polaires de la MFGM et leur proportion relative sont présentés à la table 1. Les lipides polaires du lait représentent moins de 1% de la matière grasse totale. Ils sont majoritairement localisés dans la MFGM.

Table 1 : Proportion des principales classes de lipides polaires de la MFGM native

Classes des lipides polaires	Abréviation	Proportion: classe / lipides polaires
phosphatidyléthanolamines	PE	31%
phosphatidylcholines	PC	29%
sphingomyélines	SM	20%
phosphatidylinositols	PI	8%
phosphatidylséries	PS	6%
lactosylcéramides	LC	4%
glucosylcéramides	GC	1%
autres		1%

Structure de la MFGM

La MFGM présente une structure complexe et multicouche d'une épaisseur comprise entre 10 et 20 nm. Une première couche interne de lipides polaires et de protéines qualifiées « à électrons denses » entoure le corps gras du globule. Cette première couche est elle-même entourée par une véritable membrane bicouche de phospholipides et sphingolipides, de cholestérols et de divers types de protéines membranaires. La partie externe de la MFGM contient une part importante de glycoprotéines couvrant la surface des globules d'un glycocalyx (Evers, 2004).

Valeur ajoutée de la MFGM

La MFGM présente des propriétés fonctionnelles voire nutritionnelles très importantes. Outre son rôle de barrière physique protégeant les triglycérides du lait contre la lipolyse enzymatique (Danthine et al., 2000), la MFGM offre des propriétés tensioactives essentielles à la stabilisation des émulsions. Elle peut ainsi être utilisée dans la formulation de crèmes reconstituées ou de liposomes délivrant progressivement un agent bio-actif. Ces dernières années, différentes études ont mis en évidence de probables propriétés métaboliques bénéfiques sur la santé apportées par certaines classes de lipides polaires comme les SM, PE et PC et certaines protéines membranaires (Singh, 2006). Un intérêt croissant s'est donc développé pour l'étude et la valorisation de la MFGM.

Conclusions

Par sa composition et sa structure originale, la MFGM représente un système membranaire modèle dont l'étude permet une meilleure compréhension des systèmes émulsionnés naturels. La concentration de la MFGM présente principalement dans des co-produits de l'industrie laitière comme les babeurres et leur sérum peut conduire à sa valorisation sous forme de nouveaux ingrédients fonctionnels.

Références :

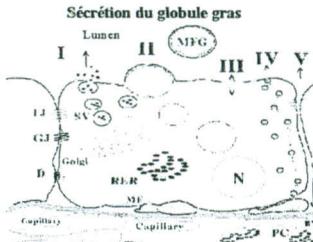
- Danthine S., Blecker C., Paquot M., Innocente N., Deroanne C., 2000. Evolution des connaissances sur la membrane du globule gras du lait: synthèse bibliographique. Lait, 80 - 209-222.
- Evers, J. M.; 2004. The milk fat globule membrane, compositional and structural changes post secretion by the mammary secretory cell. International Dairy Journal. 14 - 661-674.
- Singh, H. 2006. The milk fat globule membrane - a biophysical system for food applications. Current opinion in colloid and interface science. 11 - 154-163.

Auteurs: Pascal Bodson¹, Caroline Vanderghem², Sabine Dantinne³, Christophe Blecker⁴, Frédéric Francis⁵, Michel Paquot⁶, Claude Deroanne⁷

Contact: Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgique.
¹ Assistant, ² Doctorante, ³ Assistante, ⁴ Chef de travaux, ⁵ Chef de Service, FUSAGX, Unité de Technologie des Industries Agro-Alimentaires, URL: <http://www.fsagx.ac.be/beta>
⁶ Assistant, ⁷ Chef de Service, FUSAGX, Unité de Chimie Biologique Industrielle, URL: <http://www.fsagx.ac.be/2g>

Cette recherche bénéficie du soutien financier de la Région Wallonne -
Direction Générale de l'Agriculture (DGA)

Origine biologique

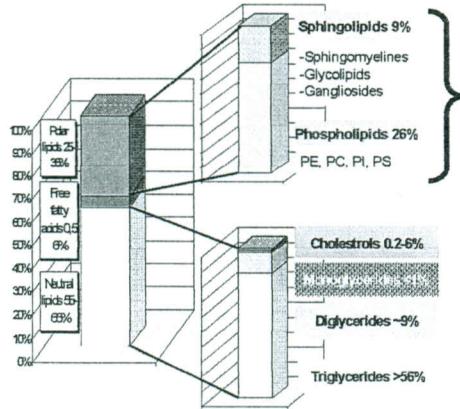


Structure

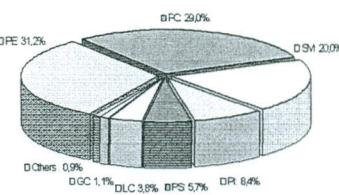
La MFGM présente une structure complexe et multicouche d'une épaisseur comprise entre 10 et 20 nm. Une première couche interne de lipides polaires et de protéines entoure le corps gras du globule. Cette couche dite « à électrons denses » est entourée par une véritable membrane bicoche de phospholipides et sphingolipides, de cholestérols et de divers types de protéines membranaires. La partie externe de la MFGM contient une part importante de glycoprotéines couvrant la surface des globules d'un glycocalyx (Evers, 2004).

Composition

Composition lipidique de la MFGM



Distribution des lipides polaires de la MFGM



Classes des lipides polaires	Abréviation
phosphatidylethanolamines	PE
phosphatidylcholines	PC
sphingomyelines	SM
phosphatidylserines	PS
lactosylceramides	LC
glucosylceramides	GC

Composition en protéines de la MFGM

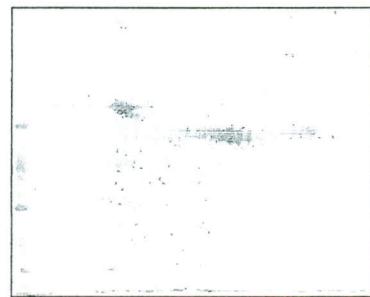
Identification des protéines de la MFGM par spectrométrie de masse (MALDI-TOF-TOF)

Spot Number	Protein name	Accession number	Function
1,7,8	Fatty acid-binding protein, heart	P10790	Intracellular transport
3	B ⁺ -lactoglobulin (precursor)	P02754	Primary component of whey
6 ¹⁰ (human)	Rat-related protein Rab-18	Q9N772	Endocytosis/recycling
6 ¹⁰ (human)	Calmodulin-binding protein p-22	Q9Y653	Required for constitutive membrane traffic
9	ADP-ribosylation factor 1	P04080	Protein localization
10	ADP-ribosylation factor 4	Q32E22	Protein trafficking
12	GTP-binding protein SAR-1a	Q7ZD7	Transport from the endoplasmic reticulum to the Golgi apparatus
13,14	Transforming protein RhoA precursor	P61585	Regulates a signal transduction pathway
15	Annequin III	Q35WZ7	Inhibitor of phospholipase A2, also a postsecretory endoplasmic reticulum-Golgi apparatus
16	Rat-related protein Rab-1B	Q3MHE2	Protein trafficking
17	GTP-binding protein SAR-1b	Q7Y07	Involved in transport from the endoplasmic reticulum to the Golgi apparatus
18 ²⁰ (rabbit)	Carbonic anhydrase 2 (EC 4.2.1.1)	P06919	Reversible hydration of carbon dioxide
19	Glutathione sulfur transferase (GST) subunit beta 2	P11017	Indicates a modulator or transporter in various transmembrane signaling systems
20,61-74,93,94	Lactadherin precursor (Milk fat globule)	Q95114	Phospholipid binding
22	Rat-related protein Rab-1B	Q2BHD2	Protein transport
24-27,37-50,53-54,75-84,86,87	Butyrophilin subfamily 1 member A1 precursor (BT)	Q18892	Fat globule reception
28,29	Annequin A5 (Annequin V)	P81287	Anticagulant protein
51	Actin cytoskeleton 1 (Beta-actin)	P06712	Cell motility
55	Glycine auxotrophic binding protein (Glx) subunit alpha	P08239	Modulator or transducer
56-60,69-72	Adipophilin (Adipose differentiation-related protein)	Q9YU66	May be involved in developmental and maturation of adipose tissue
85	Heat shock cognate 71 kDa protein	P19120	Chaperone
88,89	Xanthine dehydrogenase/oxidase	P80457	Redox reaction
95	Polymeric immunoglobulin receptor precursor	P81265	This receptor binds polymers IgA and IgM

Conclusion

Par sa composition et sa structure originale, la MFGM représente un système membranaire modèle dont l'étude permet une meilleure compréhension des systèmes émulsionnés naturels. Depuis de nombreuses années, l'étude de la MFGM est une thématique privilégiée au sein de notre institution dans une optique permanente d'innovation et de valorisation dans le secteur laitier. L'expérience acquise au sein de nos laboratoires porte à la fois sur l'analyse fine de la composition et de la structure de la MFGM native mais aussi sur l'examen des potentialités d'applications des propriétés technico-fonctionnelles associées (Dantinne et al., 2000).

Séparation des protéines de la MFGM après électrophorèse sur gel en deux dimensions (Focalisation Isoélectrique dans la dimension horizontale et SDS-PAGE dans la dimension verticale).



Références :

- Dantinne S., Blecker C., Paquot M., Innocente N., Deroanne C., 2000. Evolution des connaissances sur la membrane du globule gras du lait: synthèse bibliographique. *Lait*, 80 - 209-222.
- Evers, J. M.; 2004. The milk fat globule membrane, compositional and structural changes post secretion by the mammary secretory cell. *International Dairy Journal*, 14 - 661-674.
- Singh, H. 2006. The milk fat globule membrane - a biophysical system for food applications. *Current opinion in colloid and interface science*. 11 - 154-163.