

Questions sur Produits laitiers & Fractionnement

GÉNÉRALITÉS

1. Qu'est-ce que le fractionnement ?
2. À quoi sert-il ?
3. Quelles sont les techniques utilisées en agro-alimentaire pour fractionner ?

FRACTIONNEMENT LAITIER ET TECHNOLOGIES

4. Pourquoi fractionner le lait ?
5. Quels sont les principaux produits obtenus et comment sont-ils utilisés ?
6. Comment fractionne-t-on le lait ?
7. Peut-on fractionner les composants du lait et comment ?
8. Quel impact du fractionnement sur l'environnement ?

INGRÉDIENTS LAITIERS, NUTRITION ET SANTÉ

9. Les ingrédients laitiers sont-ils « sûrs et de qualité » ?
10. Quid de leurs propriétés nutritionnelles et santé ?
11. Où va la recherche ?

Pour en savoir plus

Annexes

- A** Technologies laitières et ingrédients laitiers
- B** Plein feu sur : la lactoferrine, les peptides bioactifs, les lipides polaires, le colostrum...
Questions grand public

Rédaction :

Dr F. Gaucheron & Dr Y. Soustre (Cniel)

Remerciements :

Pr J.-L. Maubois (Inrae)



42 rue de Châteaudun
75314 PARIS CEDEX 09
nutritionsante@maisondulait.fr

Fractionner le lait pour le valoriser et innover !

La composition du lait est extrêmement complexe ; il contient plusieurs dizaines de milliers de molécules dont les propriétés et les caractéristiques ne sont pas encore toutes élucidées. Le lait est constitué d'eau (90 %), de matières azotées (3,5 % dont 98 % sont des protéines), de lipides (environ 4 %), de lactose (environ 5 %), de minéraux (0,7 %) et de vitamines. Les innovations technologiques en matière de fractionnement ont permis d'isoler bon nombre de composés du lait possédant des propriétés spécifiques (nutritionnelles, technologiques, fonctionnelles...) les rendant intéressants à intégrer dans différents produits alimentaires ou pharmaceutiques. Ces techniques, ont également permis d'accroître « la durabilité du lait ». Ainsi, le vocable de « sous-produit » est aujourd'hui définitivement banni du vocabulaire laitier et remplacé par celui de « co-produit ». Plus aucun de ces co-produits n'est rejeté dans l'environnement et même l'eau du lait est réutilisée par les entreprises. Par ailleurs, la possibilité de re-fractionner les fractions du lait est aujourd'hui un facteur d'innovation avec la mise sur le marché de nouveaux ingrédients à haute valeur ajoutée.

GÉNÉRALITÉS

1. Qu'est-ce que le fractionnement ?

Le fractionnement consiste à séparer et purifier les constituants d'intérêt d'une matière première de composition complexe. Dans le domaine alimentaire, le fractionnement est réalisé à différentes échelles (domestique, artisanale, industrielle) et ce depuis des millénaires : séparation du jaune et du blanc de l'œuf, obtentions de farine à partir de céréales, de sucre à partir de canne à sucre ou de betterave, extraction du sel de l'eau de mer...

Les avancées réalisées dans les technologies séparatives depuis plus d'un demi-siècle, combinées aux progrès des connaissances sur les propriétés physiques et physico-chimiques des composants des aliments autorisent maintenant des fractionnements de plus en plus poussés. Ainsi le blé peut par exemple être fractionné en gluten, amidon, isoglucose...

À noter : les techniques de fractionnement sont utilisées dans de nombreux autres domaines. Ainsi, par exemple, dans le domaine médical, le sang peut être fractionné afin de récupérer le plasma et des facteurs de coagulation spécifiques d'intérêt majeur.

2. À quoi sert-il ?

Dans le domaine agro-alimentaire, le fractionnement permet d'isoler et de valoriser de nombreux constituants issus des matières premières. Ces constituants peuvent en effet avoir diverses propriétés fonctionnelles, organoleptiques (texture, couleur, aspect, goût), de conservation, nutritionnelles, de santé... les rendant intéressants à utiliser comme ingrédients dans des produits alimentaires ou pharmaceutiques. Le fractionnement permet aussi de hautement purifier les constituants d'intérêt et donc de les utiliser à des concentrations optimales. Le fractionnement permet également de réduire les pertes et le gaspillage. Ainsi, il participe à la valorisation des co-produits et donc à la durabilité des systèmes alimentaires. L'intérêt économique du fractionnement est également non négligeable.

À noter : plus de 70 % des produits vendus en supermarchés contiendraient au moins un ingrédient issu du fractionnement (amidon, lécithine, iso-glucose, protéines, etc.). Les produits artisanaux sont aussi concernés : ainsi la majorité des boulangers achètent des mélanges de composés extraits de céréales ou de lait (gluten, amidon, protéines, sucres...) pour la fabrication de pains et pâtisseries. Dans sa cuisine, le consommateur fractionne également (en séparant le blanc des jaunes d'œufs ou encore en faisant du beurre clarifié par exemple).

3. Quelles sont les techniques utilisées en agro-alimentaire pour fractionner ?

Elles sont nombreuses, dépendent de la matière première initiale, de sa composition et des caractéristiques physico-chimiques du ou des constituants à séparer. Le fractionnement peut se faire sur des principes mécaniques, physiques ou chimiques.

Nombre de technologies sont fort anciennes telles la simple filtration sur une natte d'osier (encore utilisée chez les nomades Touaregs pour séparer le lait coagulé du lactosérum) ou sur une toile pour une première purification ; le pressage pour extraire l'huile des graines ou des fruits oléagineux ou le jus des fruits avant fermentation (vin, cidre, etc.) ; l'abrasion des graines de céréales entre des meules de pierre pour séparer farine et enveloppes de ces graines. D'autres sont plus récentes : la distillation pour la séparation des alcools résultant de la fermentation des sucres ; la centrifugation développée au début du xx^e siècle pour séparer la crème du lait ou le miel inclus dans les alvéoles de cire des rayons des ruches ; l'élimination contrôlée de l'eau par évaporation pour atteindre le niveau d'insolubilité des sucres et ainsi induire leur cristallisation.

Mais c'est sans nul doute dans leurs applications au lait que les technologies de fractionnement ont été les plus développées et utilisées ces 50 dernières années. À cela deux raisons, la première est la connaissance scientifique approfondie acquise sur les composants : taille, structure, effets de l'environnement physique ou physico-chimique (pH, force ionique) et la seconde, la motivation de la Recherche associée avec l'industrie pour ouvrir à tous les composants du lait de nouvelles valorisations, créatrices de revenus et d'emplois pour l'ensemble de la filière (Q6) et (Annexe A).

FRACTIONNEMENT LAITIER ET TECHNOLOGIES

4. Pourquoi fractionner le lait ?

En isolant différents constituants d'intérêt (lipides, protéines, lactose, minéraux), le fractionnement du lait permet d'élaborer de nouveaux produits avec des techno-fonctionnalités innovantes, de valoriser de façon optimale ses constituants mais aussi ses co-produits (lactosérums issus de fabrication de fromages et de caséinerie, babeurre issus de la fabrication du beurre, microfiltrats et ultrafiltrats laitiers).

La plupart des constituants laitiers issus du fractionnement sont concentrés et séchés sous forme de poudres, ce qui permet de les stocker, les transporter plus écologiquement (l'eau ayant été éliminée) et les utiliser comme ingrédients pour la préparation d'autres produits. En effet, certaines propriétés (nutritionnelles, technologiques, fonctionnelles...) les rendent intéressants à intégrer dans de nombreux produits alimentaires et/ou pharmaceutiques.

À noter : Le fractionnement permet aussi de réduire la quantité de certains composés du lait ; comme le lactose.

5. Quels sont les principaux produits obtenus et comment sont-ils utilisés ?

Les principaux produits issus du fractionnement sont décrits dans le schéma de l'Annexe A.

- **La crème** plus légère (masse spécifique de 0,9) que le lait écrémé (masse spécifique de 1,2) obtenue après centrifugation du lait entier. Elle peut être consommée en l'état, modifiée en différentes crèmes (fluides, épaisses, foisonnées...), barrée en beurres avec des tartinabilités différentes (après cristallisation fractionnée) avec production de babeurre. La matière grasse laitière peut également être incorporée dans diverses préparations alimentaires.
- **Les protéines de lait** sont des constituants obtenus par fractionnement. Leur composition et pureté sont nombreuses et variées : ensemble des protéines solubles ou isolées (α -lactalbumine, β -lactoglobuline, lactoferrine, lactoperoxidase, lysozyme, facteurs de croissance...), différents caséinates (Na, K, Ca), différentes molécules de caséines purifiées (α s1, α s2, β et κ), caséine micellaire, immunoglobulines. Elles peuvent être intégrées dans des aliments pour leurs propriétés nutritionnelles (formules hyperprotéinées pour sportifs, personnes âgées...) ou pour leurs propriétés technologiques avec des aptitudes texturantes, émulsifiantes, ou stabilisantes (ex : pour les mousses, nappages).
- **Les minéraux du lait** et notamment le calcium et le phosphate peuvent servir à l'enrichissement de produits laitiers et d'autres aliments/boissons.
- **Le lactose** est utilisé dans les médicaments comme agent excipient mais également dans des formules alimentaires comme les soupes et les sauces. Celui-ci peut aussi être transformé en différents dérivés d'intérêt (lactulose, lactitol, alcool...)
- **Les phospholipides du lait** présents dans la membrane du globule gras et peuvent être récu-

pérés notamment à partir de babeurre pour être intégrés par exemple dans des formules infantiles.

- **Les peptides à activité biologique** issus de protéines laitières peuvent être également produits par hydrolyse enzymatique puis purifiés/isolés. Ceux-ci sont utilisés comme compléments alimentaires (caséinophosphopeptides, lactium...)

6. Comment fractionne-t-on le lait ?

Les procédés de fractionnement utilisés en industrie laitière sont tous physiques. Ils sont détaillés en *Annexe A*.

Quelques exemples : **la centrifugation** pour séparer la crème et le lait écrémé, **les techniques de filtration sur membrane** (avec différents diamètres de pores de membranes) pour récupérer des composés de différentes tailles (protéines, lactose, phospholipides, minéraux...), **les techniques chromatographiques** pour séparer des protéines ou des peptides, **la cristallisation fractionnée** des triglycérides de la matière grasse laitière pour obtenir une fraction solide et une autre liquide (après chauffage, refroidissement et filtration). Une fois isolés, une partie de ces constituants peut être également refractionnée (Q7). Ces fractions sont ensuite concentrées et /ou séchées pour une meilleure utilisation et un transport et un stockage facilités.

7. Peut-on fractionner les composants du lait et comment ?

À côté des produits laitiers traditionnels (laits liquides ou fermentés, le beurre, la crème et le fromage) et des ingrédients connus de longue date (poudres de lait, de lactosérum, de babeurre, de lactose, etc.), une seconde génération de produits s'est développée grâce à une meilleure connaissance et à une évolution des performances des techniques membranaires (telles que l'ultrafiltration, la microfiltration et la nanofiltration). Le fractionnement a notamment permis l'obtention de fractions protéiques à haute valeur ajoutée issues de lait ou de lactosérum : caséines et notamment la caséine β , caséinates, concentré de protéines solubles (*Whey Protein Concentrate*), isolats de protéines solubles (*Whey Protein Isolate*, *WPI*), concentré de protéines de lait (*Milk Protein Concentrate*, *MPC*).

Puis les progrès technologiques et la combinaison de plusieurs techniques de fractionnement mises en « cascade » (comme les techniques membranaires et chromatographiques) ont donné naissance à une troisième génération d'ingrédients laitiers à très haute valeur ajoutée (par exemple, des protéines purifiées comme l' α -lactalbumine, la β -lactoglobuline, la lactoferrine, la lactoperoxydase, le lysozyme...). Une fois isolées/purifiées, certaines de ces protéines peuvent être hydrolysées par des protéases pour produire différents peptides que l'on peut également récupérer et valoriser pour leurs propriétés spécifiques et notamment leurs potentielles activités biologiques (*Annexe B*).

Beaucoup moins de travaux ont concerné le fractionnement de la matière grasse laitière. On note l'emploi de la cristallisation fractionnée des triglycérides contenus dans la matière grasse. Il est également possible de récupérer les phospholipides présents initialement dans la membrane du globule gras. Des travaux sur la séparation de petits et gros

globules gras ont été réalisés mais sans développement industriel à ce jour.

Les minéraux sous forme de concentrés de phosphate de calcium du lait sont quant à eux récupérables par des techniques de centrifugation et/ou de microfiltration.

8. Quel impact du fractionnement sur l'environnement ?

Le fractionnement a permis d'accroître la durabilité du lait en valorisant des co-produits autrefois réservés à l'alimentation animale ou tout simplement perdus (lactosérum notamment). Quelles que soient les techniques de fractionnement, elles utilisent de l'eau, de l'énergie et nécessitent des opérations de nettoyage. Ces étapes sont aujourd'hui prises en compte de façon à les optimiser et à réduire leurs impacts. Des démarches d'écoconception utilisant des analyses de Cycle de Vie (ACV) permettent de comparer les performances environnementales des différents procédés et de les optimiser sachant qu'il s'agit de trouver le meilleur compromis entre qualité du produit (pureté, qualités physico-chimiques, techno-fonctionnelles, nutritionnelles), performances du procédé utilisé et performances environnementales (CO₂, eau, agents chimiques de nettoyage...).

Des recherches sont également en cours pour optimiser les surfaces de filtration, le fonctionnement énergétique des pompes, les séquences de nettoyage, l'évaporation et le séchage par atomisation de ces fractions quand cela est possible... Par ailleurs, l'eau du lait et les eaux dites « blanches » sont également récupérables et utilisables pour les opérations de nettoyage et ainsi contribuer à la diminution de l'empreinte environnementale.

INGRÉDIENTS LAITIERS, NUTRITION ET SANTÉ

9. Les ingrédients laitiers sont-ils « sûrs et de qualité » ?

Quelles que soient les méthodes de fractionnement utilisées la qualité sanitaire des ingrédients laitiers est une priorité. Toutes les précautions sont prises tout au long de la chaîne de fabrication pour éviter tout risque de contaminations et/ou de développements microbiens et des contrôles libératoires sont réalisés avant toute mise sur le marché.

Par ailleurs, les opérations de fractionnement étant généralement réalisées à des températures contrôlées inférieures ou voisines de 50 °C, les modifications biochimiques des constituants laitiers sont limitées. Une attention particulière est d'ailleurs de plus en plus portée sur la préservation des structures natives afin de préserver au mieux leur intégrité.

10. Quid de leurs propriétés nutritionnelles et santé ?

Protéines laitières et peptides

De nombreux travaux ont mis en évidence la contribution des protéines laitiers à une meilleure santé osseuse et musculaire.

Niveau os : Chez le jeune, les protéines laitières (caséines et protéines du lactosérum) stimulent notamment la sécrétion hépatique de l'IGF-1, qui lui-même, augmente la croissance longitudinale et radiale des os et assure un environnement minéral approprié pour la minéralisation du tissu osseux nouvellement formé. Chez les personnes âgées, les protéines laitières peuvent avoir un rôle dans la prévention de l'ostéoporose et de ses conséquences en améliorant la micro-architecture de l'os, et sa résistance

Niveau musculaire : la vitesse de digestion d'une protéine et sa composition en acides aminés (AA) conditionnent son utilisation par le muscle. Les protéines du lactosérum rapidement digérées et riches en leucine permettent d'apporter à l'organisme, juste après l'effort, les AA essentiels nécessaires. Les caséines, lentement digérées, présentent quant à elles des effets intéressants à plus long terme. Elles permettent une parfaite disponibilité des AA quelques heures après l'exercice.

Au-delà de leurs effets bénéfiques sur l'os et le muscle, les protéines laitières sont particulièrement bien dotées en peptides porteurs d'activités biologiques très diverses : activités satiétogènes, anti-hypertensives, anti-thrombotiques, anti-oxydantes, immunomodulatrices, anti-stress, anti-microbiennes, anti-virales, anti-tumorales ou encore facilitatrices du transport du calcium ou de certains oligo-éléments... (*Annexe B*)

Autres ingrédients issus du fractionnement

Ils sont nombreux (lipides polaires, lactoferrine...). Les propriétés des principaux d'entre eux sont détaillées en (*Annexe B*).

11. Où va la recherche ?

De nombreux autres produits à haute valeur ajoutée sont en cours de développement : oligosaccharides naturels du lait (prébiotiques), facteurs de croissance (TGF β , effet anti-psoriasis), ostéopontine et protéines associées (lutte contre l'ostéoporose), protéines de transport de vitamines, différentes caséines micellaires, caséines individuelles, immunoglobulines (principalement extraites du colostrum, pour accroître les défenses immunitaires), ainsi que tous les dérivés du lactose (lactulose, lactitol, acide poly-lactique, galacto-oligo-saccharides, acide lactobionique). À cette liste s'ajoute une génération d'ingrédients dits biofonctionnels (protéines, hydrolysats et peptides bioactifs) contenant des séquences bioactives, obtenues par hydrolyse ciblée, ou voie microbienne toujours à l'étude.

Par ailleurs, la recherche est très attentive aux opérations de fractionnement car il en va de la qualité des ingrédients. Ainsi, des attentions sont portées sur l'obtention de fractions ayant des hauts degrés de pureté, des techno-fonctionnalités et propriétés d'usage améliorées voire innovantes (gélification à froid, propriétés émulsifiantes, solubilité et stabilité thermique des ingrédients seuls et dans des formules complexes, propriétés sensorielles, propriétés de vectorisation, naturalité préservée, ...).

Des combinaisons de technologies séparatives (par exemple des technologies membranaires couplées à des techniques chromatographiques) sont également des voies en cours d'exploration. Un autre aspect concerne l'optimisation de ces procédés pour en améliorer les performances d'utilisation et environnementales.

Pour en savoir plus

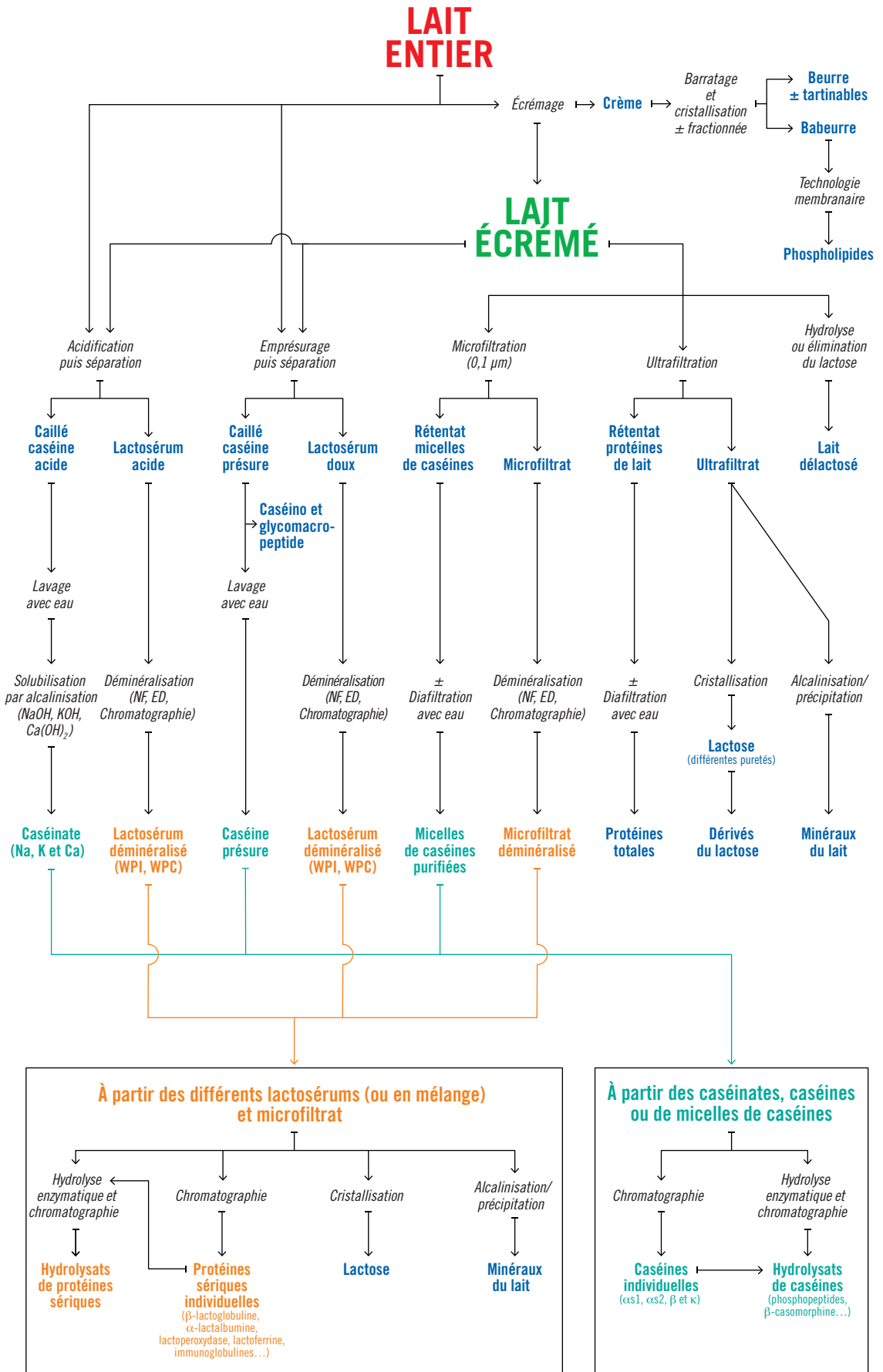
Bibliographie sur demande

Y Pouliot – Membrane processes in dairy technology – From a simple idea to worldwide panacea, *International Dairy Journal*, 18, 735-740, 2008

BG Carter, N Cheng, R Kapoor, *et al.* – Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk – *Journal of Dairy Science* 104, 2465-2479, 2021

JY Gassi, M Blot, E Beaucher, *et al.* – Preparation and characterisation of a milk polar lipids enriched ingredient from fresh industrial liquid butter serum: Combination of physico-chemical modifications and technological treatments. – *International Dairy Journal* 52, 26–34. 2016

Vue globale, simplifiée et non exhaustive du fractionnement des constituants laitiers



- Légendes**
- ED Électrodialyse
 - NF Nanofiltration

À noter que la plupart des constituants laitiers ainsi purifiés sont ensuite concentrés et séchés pour une meilleure conservation et un transport adapté.

LES PRINCIPALES TECHNIQUES DE FRACTIONNEMENT LAITIER

Elles sont variées et basées sur différents principes. Elles sont non dénaturantes et sans addition de composants chimiques. Dans le domaine laitier, on pratique classiquement :

La centrifugation

Elle consiste à séparer la crème plus légère que le lait écrémé

Les coagulations acides et/ou présure

Elles consistent à précipiter les caséines à pH 4,6 (pH isoélectrique des caséines) ou à les faire coaguler par la présure. Les précipités et gels de caséines sont séparés des lactosérums contenant les différentes protéines solubles, le lactose et des minéraux. Il existe de nombreux types de lactosérums plus ou moins minéralisés selon leur pH. Ils peuvent ensuite être déminéralisés par d'autres techniques comme la nanofiltration par exemple.

Les cristallisations

Elles consistent à faire se rassembler des constituants identiques dans un liquide complexe grâce à des modifications de conditions physico-chimiques (pH, saturation, température). Ainsi les molécules de lactose dans des conditions données peuvent s'auto-associer sous forme de cristaux que l'on peut récupérer. On utilise le même principe de cristallisation pour la matière grasse pouvant être réalisée à différentes températures permettant ainsi de récupérer des fractions ayant différents points de fusion. Ces fractions peuvent donner des beurres avec des tartinabilités différentes par exemple. *Idem* pour la récupération des minéraux laitiers (calcium et phosphate notamment) qui peuvent s'associer et devenir insolubles et récupérables à pH neutre ou légèrement alcalin.

Les techniques membranaires

Elles consistent à filtrer physiquement et de façon tangentielle le liquide laitier (lait, lactosérums, babeurres, filtrats...) au travers d'une membrane poreuse ayant des diamètres de pores contrôlés mais variables. On parle de microfiltration (diamètre de pores voisin de 0,1 µm) et d'ultrafiltration (diamètre de pores laissant passer des molécules allant de quelques centaines à plusieurs dizaines de kDa). Suite à ces filtrations, un perméat (qui passe au travers du filtre) et un rétentat (retenu par le filtre) sont récupérés avec des compositions très différentes. Ces techniques sont largement utilisées dans l'industrie laitière car elles ont l'avantage de pouvoir filtrer des milliers de litres par heure rendant ces techniques performantes. Les membranes sont réutilisables après un nettoyage quotidien et adapté.

Les techniques chromatographiques

Elles consistent à séparer les constituants en fonction de leur association avec le support chromatographiques. On parle de chromatographies en gel filtration, en échanges d'ions, en phases normale ou inverse ou d'affinité. En industrie laitière, ces techniques chromatographiques sont moins utilisées que les techniques membranaires. Elles sont surtout utilisées pour la purification de peptides et protéines à haute valeur ajoutée et à faible concentration dans les liquides laitiers (par exemple, la lactoferrine).

Questions sur

Produits laitiers &

2005 | 2006

- Lipides (12)
- Cholestérol et athérosclérose (13)
- Beurre et crème (14)
- L'alimentation des Français (15)
- Prévention de l'hypertension (17)
- Les laits fermentés (18)
- Syndrome métabolique (19)
- L'alimentation de l'enfant (20)

2007 | 2008

- Santé bucco-dentaire (21)
- Les vitamines (22)
- Les autres minéraux (24)

2009 | 2010

- Les bactéries lactiques (30)
- Sel/Sodium (31)
- Densité nutritionnelle (32)
- L'alimentation des Français en 2009 (33)
- Allégations santé fonctionnelles génériques (34)
- Alimentation des vaches (35)
- L'iode (36)
- Matière grasse laitière, technologies & santé (37)

- Vitamine D & santé (38)
- Histoire, sociologie et image du lait (Hors série n°2b)

2011 | 2012

- L'alimentation des sportifs (39)
- Lactoferrine (40)
- Allégations nutritionnelles et santé (41)
- Amines biogènes, histamine (42)
- ABCdaire réglementaire (Hors série n°3b)
- Les Trans et les CLA (27b)
- Personnes âgées (43)
- Étiquetage nutritionnel (44)
- Microbiote (45)
- Gestion du poids (46)
- Diabète(s) (47)

2013 | 2014

- Le lait à l'école (26 ter)
- Nutrition et Environnement (48)
- Vitamines K2 (50)
- Agriculture biologique (51)
- OGM (52)
- Acides Gras Saturés (53)
- Zinc (54)

- Les « rumeurs » autour du lait (Hors série n°1c)

2015 | 2016

- Le lait (8b)
- Économie de santé (55)
- L'alimentation des Français (56)
- Fonctions cognitives (57)
- Antibiotiques (Hors série n° 4b)
- Le Bien-être des vaches laitières (Hors série n° 5)
- Fromage, Nutrition & Santé* (11b)
- Produits laitiers et cancer (25b)
- Maladies chroniques (58)
- Précarité (59)
- Sélection et reproduction en élevage laitier (Hors série n° 6)

2017 | 2018

- Sécurité sanitaire* (Hors série n° 7b)
- Le calcium (9b)
- Gaz à Effet de Serre (GES) et Élevage laitier (Hors série n° 8)
- Technologie Laitière* (Hors série n° 9)
- Véganisme (60)

- Technologie(s), Nutrition, Effet matrice et Santé (61)
- Additifs (62)

2019 | 2020

- La santé des adultes français (63)
- Vitamine B₁₂ (64)
- Allergies (28b)
- Lait et fromages de chèvre (23b)
- Étiquetage nutritionnel en 2019 (65)
- Allégations nutritionnelles et de santé (ANS) en 2019 (66)
- Qualités Nutritionnelles et Santé des protéines laitières (16b)
- Propriétés antioxydantes (67)
- Intolérance au lactose (29b)
- Propriétés du lactose (68)
- Immunité (49b)
- Fermentation (69)
- INCA 3 et Alimentation des 4 - 17 ans (70)

2021 |

- Nutri-Score et fromages* (71)
- INCA 3 et Alimentation des 18 - 79 ans (72)
- Fractionnement (73)

* Disponibles en anglais.

La lactoferrine : C'est une protéine du lait dont la concentration varie de 0,1 à 0,3 g/l dans le lait de vache à 2 à 5 g/l dans le colostrum. Le lait humain en est particulièrement riche (1,5 g/l et jusqu'à 7 g/l pour le colostrum). Depuis bien longtemps les chercheurs se sont intéressés à cette protéine et aux peptides qui la composent. En effet, ils lui prêtent de nombreuses propriétés : rôle de transporteur du fer, des propriétés antibactériennes, antifongiques, antivirales et même anti-inflammatoires. Récemment son rôle potentiel sur l'os a été étudié *in vitro* et *in vivo* chez l'animal... La lactoferrine serait capable de stimuler l'activité des ostéoblastes (les cellules qui construisent l'os), de ralentir leur destruction et aussi de diminuer l'activité des ostéoclastes (les cellules qui détruisent l'os). Une protéine laitière vouée à un grand avenir...

Les peptides bioactifs des protéines laitières : La littérature fait état d'un nombre impressionnant d'études sur les peptides bioactifs pour leur bénéfice santé et le potentiel qu'ils représentent dans le développement de nouveaux aliments de prévention/aliment-santé. Ils sont retrouvés dans toutes les protéines laitières, que ce soient les caséines ou les fractions majeures (β -lactoglobuline, α -lactalbumine) ou mineures (lactoferrine) des protéines solubles. Ces peptides agissent sur différentes cibles physiologiques et peuvent moduler des mécanismes reliés à de grandes fonctions de l'organisme : immunitaire, digestive, cardiovasculaire et nerveuse.

Ils agissent sur le système immunitaire par leur activité immunomodulatrice. Ils ont des activités antimicrobiennes avec des actions bactéricides et/ou bactériostatiques. D'autres sont porteurs d'activité antivirale en inhibant la fixation des virus ou d'activité antitumorale en induisant l'apoptose. Les actions sur le système cardiovasculaire concernent des peptides porteurs d'activité antithrombotique par leur action inhibitrice sur l'activation des plaquettes. D'autres encore présentent une activité antihypertensive en étant capables d'inhiber l'enzyme de conversion de l'angiotensine impliquée dans la régulation de la pression artérielle.

Des activités touchant au système gastro-intestinal ont aussi été montrées. Ce sont des activités agonistes d'opioïde qui inhibent la motilité du tractus gastro-intestinal et agissent sur les cinétiques de digestion. Certains peptides bioactifs ont aussi des activités antagonistes d'opioïde capables de reverser les actions agonistes sur le tube digestif. Des peptides ont une action sur des hormones digestives comme la cholécystokinine ou sur la production de mucines intestinales. Il y a également les caséinophosphopetides, issus de l'hydrolyse enzymatique des caséines, qui auraient des propriétés de chélation du calcium en milieu alcalin et qui ainsi favoriseraient l'assimilation du calcium des produits laitiers par les entérocytes.

Les lipides polaires, la sphingomyéline et le babeurre : Les lipides polaires ne représentent que 1 % de l'ensemble des lipides du lait, mais apporteraient des bénéfices nutritionnels. Parmi eux, la sphingomyéline (1/4 des lipides polaires laitiers) semble exercer une interaction particulière avec le cholestérol. Ce phospholipide formerait dans l'intestin grêle un complexe avec le cholestérol, gênant son absorption. Des ingrédients à base de lipides polaires pourraient donc avoir un intérêt dans la mise au point de stratégies nutritionnelles visant à réduire le risque cardiovasculaire.

Le babeurre, particulièrement riche en lipides polaires laitiers, et peu consommé en France en l'état (sauf en Bretagne, avec le lait ribot) pourrait trouver une réelle valeur ajoutée comme ingrédient alimentaire à effet protecteur sur la santé. Et cela sans compter la présence de molécules émulsifiantes.

Des lipides polaires issus du lait aux effets potentiellement bénéfiques pour réduire le risque cardiovasculaire : vers une meilleure valorisation du babeurre

Les scientifiques du projet ANR VALOBAB ont mis au point un procédé de concentration du babeurre pour produire un ingrédient enrichi en ces « lipides polaires laitiers », qui peut être utilisé comme ingrédient d'origine naturelle en substitut d'additifs dans des crèmes, fromages à tartiner, etc. Ils ont également évalué les effets métaboliques de ces lipides polaires laitiers, montrant que leur consommation quotidienne sur 28 jours dans un fromage enrichi à des concentrations supérieures à celles naturel-

lement présentes dans les produits laitiers (30 fois plus que dans un verre de lait entier, 15 fois plus que dans 10 cl de crème) pourrait contribuer à réduire le risque cardiovasculaire chez les femmes ménopausées en surpoids. Les bénéfices observés ont été une diminution significative de leur taux sanguin en cholestérol LDL, en triglycérides et autres marqueurs pertinents du risque cardiovasculaire tels que les espèces pro-athérogènes de sphingomyélines et céramides.

- *Milk polar lipids reduce lipid cardiovascular risk factors in overweight postmenopausal women: towards a gut sphingomyelin-cholesterol interplay*, Gut 2020;69:487-501. First published June 12, 2019.
- *Milk polar lipids favorably alter circulating and intestinal ceramide and sphingomyelin species in postmenopausal women*, JCI Insight. 2021;6(10):e146161. Published April 15, 2021.

Les molécules d'intérêt du colostrum : Le colostrum est produit par la vache dans les 6 jours qui suivent le vêlage. D'un point de vue réglementaire, il n'est pas considéré comme du lait. Il est collecté pour être donné aux jeunes veaux. L'excédent de production, de l'ordre de 10 à 20 litres par vache, peut être utilisé en alimentation humaine soit tel quel après traitement thermique (pasteurisation), soit sous forme de suppléments (déshydraté en comprimés) ou en alimentation spécialisée (produits diététiques pour sportif par exemple). Par ailleurs le sérocolostrum (microfiltrat 0,1 μ m de colostrum qui est stérile et qui contient des immunoglobulines) peut également être administré à de jeunes poulains pour réduire leur mortalité.

Le colostrum contient une concentration élevée d'anticorps (immunoglobulines), d'hormones et de facteurs de croissance (IGF1, EGF, TGF- β , etc.). La consommation humaine de colostrum stimule l'immunité, notamment en cas d'efforts physiques intenses. Des études récentes menées en Pologne ont mis en évidence la présence dans le colostrum d'un peptide riche en proline dénommé « colostrinine » ayant la propriété de stabiliser l'évolution de la maladie d'Alzheimer chez l'homme (étude réalisée sur 105 patients).

QUESTIONS DU GRAND PUBLIC

• On entend parler de « cracking » du lait, qu'est-ce que c'est ?

Le mot « cracking » est un terme anglais utilisé initialement pour évoquer l'obtention de carburants à partir de pétrole. Dans le domaine alimentaire ou de la santé*, ce terme est inadapté et l'on parle plutôt de FRACTIONNEMENT.,

Le fractionnement du lait et de ses co-produits (lactosérums, babeurres...) permet ainsi d'isoler de nombreux constituants (protéines, lipides, lactose, minéraux...) d'intérêt majeur. Ils sont utilisés comme ingrédients dans de nombreux produits alimentaires et pharmaceutiques.

** Dans le domaine médical le sang peut être fractionné afin de récupérer des facteurs de coagulation spécifiques d'intérêt majeur (pour les hémophiles notamment).*

• Peut-on fractionner le lait à la ferme ou dans sa cuisine ?

L'écémage avec récupération de crème, les coagulations fromagères avec récupération de lactosérums, le barattage avec récupération de babeurre peuvent se faire à la ferme ou dans de petits ateliers de transformation. Dans sa cuisine, récupérer le petit lait des yaourts faits maison pour l'ajouter à son gratin ou sa pâte à crêpes, c'est faire du fractionnement. Clarifier le beurre tout comme séparer le jaune du blanc d'œuf, c'est aussi faire du fractionnement !

• Utilise-t-on des produits chimiques pour fractionner le lait ?

Non, les techniques utilisées n'utilisent aucun produit chimique. Dans le domaine laitier, les techniques de séparation sont uniquement basées sur des principes physiques. Ce qui n'est pas toujours le cas dans l'industrie agro-alimentaire où l'on peut utiliser des solvants qui ne présentent aucun danger mais qu'il est ensuite nécessaire d'éliminer (fabrication de lécithine de soja à partir d'huile par exemple).

• À qui sont destinés les ingrédients laitiers issus du fractionnement ?

Ces ingrédients sont nombreux et variés. On peut les retrouver dans de nombreux produits alimentaires (aliments classiques ou hyperprotéinés, pour sportifs, pour personnes âgées, pour nourrissons, diététiques) dans des compléments alimentaires mais aussi dans la composition de nombreux médicaments (lactose pharmaceutique utilisé comme excipient par ex.).

• Quelles sont les principales propriétés technologiques des protéines lactières ?

Les protéines lactières ont des propriétés techno-fonctionnelles exceptionnelles d'où l'intérêt de pouvoir les purifier pour les utiliser de façon optimale. Elles ont des aptitudes à former des gels, des émulsions, des mousses, à être stables, à être séchées puis réhydratées.

• Quelles sont les qualités requises pour un ingrédient alimentaire ?

Les ingrédients utilisés pour la fabrication de produits alimentaires, doivent présenter de nombreux avantages : ne pas être toxiques, ne pas contenir de facteurs anti-nutritionnels, ne pas apporter d'odeurs et couleurs non désirées, être utilisables à des concentrations désirées et à des coûts acceptables, être compatibles et stables avec les autres ingrédients et avec le ou les procédés utilisés, et évidemment apporter de la fonctionnalité (nutritionnelle et/ou techno-fonctionnelle et/ou gustative). Toutes ces caractéristiques se retrouvent dans les ingrédients laitiers obtenus par les techniques de fractionnement.

• Dans quels produits alimentaires peut-on retrouver des ingrédients laitiers issus du fractionnement ?

Les produits contenant des ingrédients laitiers issus du fractionnement sont nombreux. Ils sont ajoutés parce qu'ils apportent un « plus ». On les trouve par exemple dans certains fromages (pâtes molles, pressées, filées, fraîches, fondus), dans des produits de boulangerie, de chocolaterie, des crèmes desserts, des boissons hyperprotéinées, des soupes, des sauces, etc.

• Les ingrédients laitiers issus du fractionnement sont-ils « Ultra-transformés » ?

Il n'existe aucune définition officielle de l'ultra-transformation mais c'est un terme de plus en plus usité. Si le fractionnement est considéré par certains comme un marqueur d'ultra-transformation, c'est sans aucun doute du fait de leur méconnaissance des différentes techniques englobées. Les ingrédients laitiers sont issus de techniques de fractionnement physiques, il n'y a donc aucune raison de les considérer comme des ingrédients ultra-transformés...