



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE CONSTANTINE -1-
Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des
Technologies Agro-alimentaires
I.N.A.T.A.A.

Le lait et Le lactosérum

Présentation réalisée par :
M^{elle} KHEROUFI Afaf

2017/2018

Le lait

Le lait est un liquide biologique de couleur généralement blanchâtre produit par les glandes mammaires des mammifères femelles. Il représente un aliment de grande valeur nutritive, assurant par laquelle une bonne croissance aux jeunes animaux (la principale source de nutriments pour les jeunes mammifères), cela est dû en particulier à sa richesse en protides, en lactose, en graisses, en vitamine et en sels minéraux... . Le lait en début de lactation contient le colostrum (Liquide riche en protéines, sécrété par la glande mammaire durant les premiers jours qui suivent l'accouchement), qui porte les anticorps de la mère afin de réduire le risque de nombreuses maladies chez le nouveau-né. Il contient également de nombreux autres nutriments.

Le lait

Dont la **composition** et les **caractéristiques physico-chimiques** (pH, teneur en lipides, protéines,...) aurent sensiblement selon les espèces animales, et même selon les races. Ces caractéristiques varient également au cours de la période de lactation, ainsi qu'au cours de traitement.

L'homme utilise le lait produit par certains mammifères domestiques comme un aliment. Dans le monde entier, les fermes laitières ont produit environ 730 millions de tonnes de lait en 2011 notamment consommées par l'Inde, l'Europe, l'Australie, les États-Unis, la Chine et la Russie.

Le lait

100 g de lait contiennent 87-90 g d'eau et 10-13 g de matière sèche. Les principaux constituants de la matière sèche du lait sont:



Les protéines

Les lipides

Les glucides

La composition moyenne du lait de vache

Composition	(g /L)	Etat physique
Eau	950	Eau libre (solvant) plus eau liée (3,7%)
Protéines	34	Suspension micellaire phosphocaséinate de calcium
Caséines	27	
Protéines solubles	2,5	Solution colloïdale
Substances azotées non protéiques	1,5	Solution vraie
Lipides	35	Emulsion des globules gras
Matière grasse proprement dite	34	
Lécithine (phospholipide)	0,5	
Lipides insaponifiables (stérols, carotènes, tocophérols)	0,5	
Glucides (lactose)	49	Solution
Sels	9	Solution ou état colloïdale
de l'acide citrique	2	
de l'acide phosphorique (P_2O_4)	2,6	
de l'acide chlorhydrique (Na Cl)	1,7	
Constituants divers (vitamines, enzymes)	traces	
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

Composition du lait

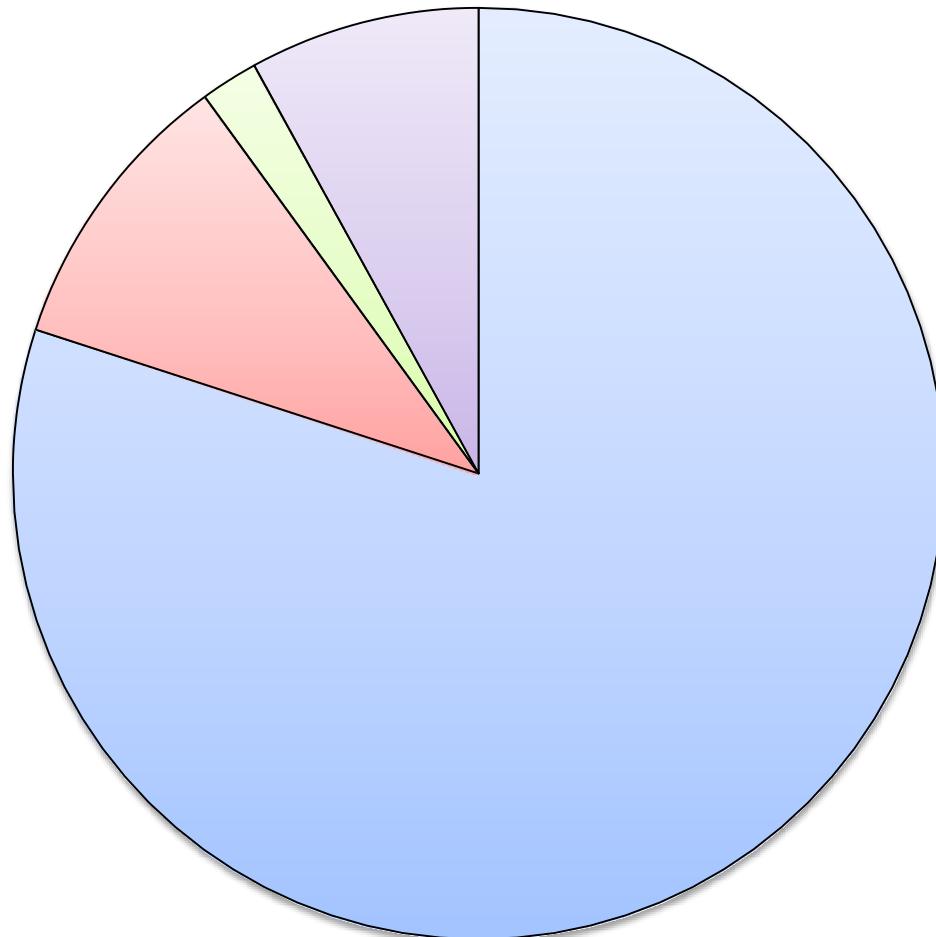
Les protéines

On distingue deux groupes:

- **les protéines de la caséine**, qui représentent 80 % des protéines totales du lait et qui sont des polypeptides complexes, résultats de la polycondensation de différents acides aminés, dont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine,
- **les séroprotéines**, minoritaires (20 %), mais qui possèdent une valeur nutritive plus élevée que les premières. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 µm. Les séroprotéines se trouvent dans le lactosérum.

Composition du lait

Les protéines



- Caséines 80%
- β -Lactoglobuline 10%
- α -Lactalbumine 2%,
- Autres protéines

Composition du lait

Les protéines



Caséines

Le mot caséine vient du latin « caseus » qui signifie fromage. Cette substance protéique constitue la majeure partie des composés azotés du lait. On distingue plusieurs fragments de caséine dans le lait, les plus présentes sont les caséines α_1 , α_2 , β , γ et κ . Le pH de caséine est de 4.6.

La coagulation du lait s'effectue par la dénaturation de caséine résultant d'une instabilisation dans sa structure chimique provoquée soit par un abaissement du pH (acidification) ou une action enzymatique, généralement la présure

- α_s - caséine 5%

- κ - caséine 15%

- γ - caséine 5%

- β - caséine 30%

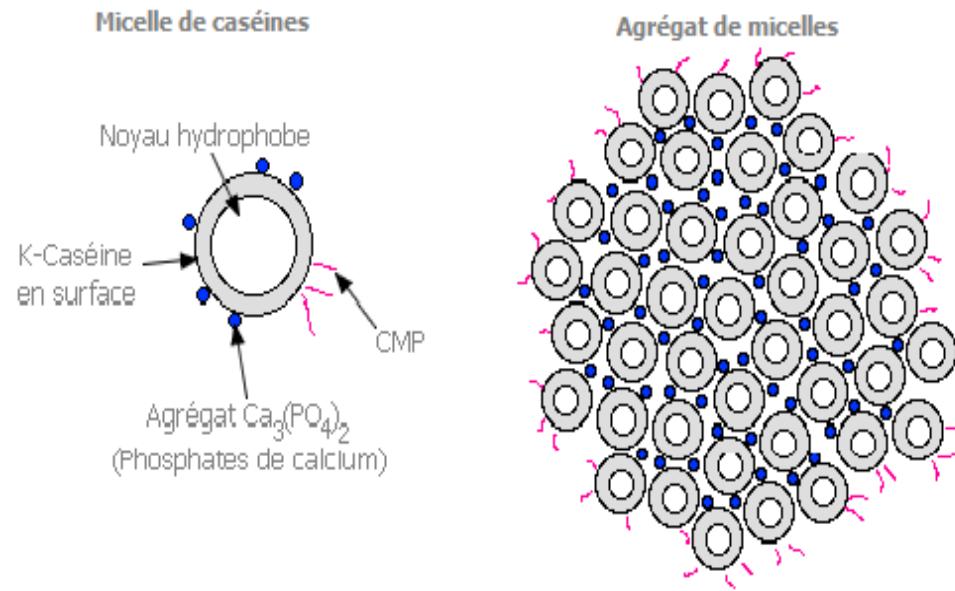
Composition du lait

Les protéines



Caséines

Les micelles: Les caséines s'associent entre elles en formant des micelles (agrégats) de forme sphérique



micelles de caséines

Les protéines

La β -lactoglobuline

- PM 18.000
- Possède de nombreux groupements -SH

L' α -lactalbumine

- PM d'environ 16.000
- Système lactose transférase
- Assure la synthèse du lactose

Composition du lait

Les lipides (la matière grasse)

la matière grasse: elle varie en fonction des conditions d'élevage. C'est le constituant le plus variable du lait, constituée d'un mélange de lipides simples (98,5 %) qui se trouvent en suspension dans le lait sous forme de minuscules gouttelettes (globules gras) et forment une émulsion. La concentration en lipides varie de 10 à 500 g/l suivant les espèces.

Composition du lait

Les lipides

Acides gras saturés

Exp: acide stéarique, acide palmitique, acide myristique, acide butyrique et acide caproïque.

Acides gras mono-insaturés

Exp: acide oléique

Acides gras polyinsaturés

Composition du lait

Les lipides

Phospholipides

Les lécithines

Stérols

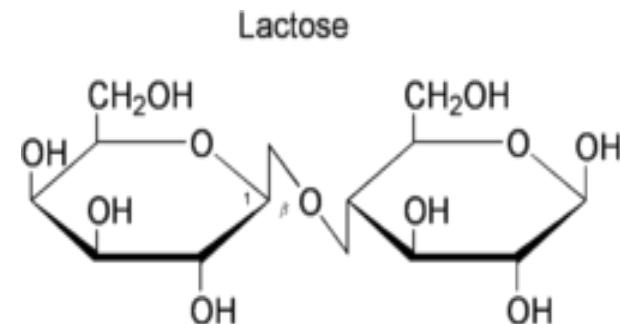
Le cholestérol

Composition du lait

Les glucides

le lactose: c'est un sucre disaccharide présent en solution dans le lait, et généralement le principal élément solide du lait. Son pouvoir sucrant est six fois plus faible que celui du saccharose.

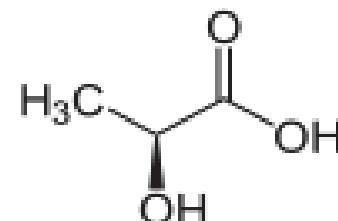
Le lactose



Glucose + Galactose

fermentation lactique

Acide lactique



les vitamines apportées sont surtout les vitamines B2, B12 (hydrosolubles) ainsi que les vitamines A, D et E (liposolubles). La vitamine C, présente à hauteur de 8 mg/l dans le lait frais, est très vite dégradée et voit sa teneur baisser de plus de 50 % après 36 heures de réfrigération.

Les composants secondaires

Les composants secondaires du lait sont constitués par les sels minéraux, les enzymes et les vitamines. Sa richesse en calcium et en phosphore fait du lait un aliment très adapté à la croissance des jeunes enfants. Le calcium s'associe au phosphate et à la caséine pour donner le complexe phosphocaséinate de calcium et forme une micelle. On trouve également du magnésium, du potassium et du sodium mais il est, du moins pour le lait de vache.

Le lait est, parmi les liquides biologiques animaux, un de ceux qui contiennent la plus grande concentration d'acide citrique, c'est un anticoagulant et il s'oppose à la précipitation des protéines.

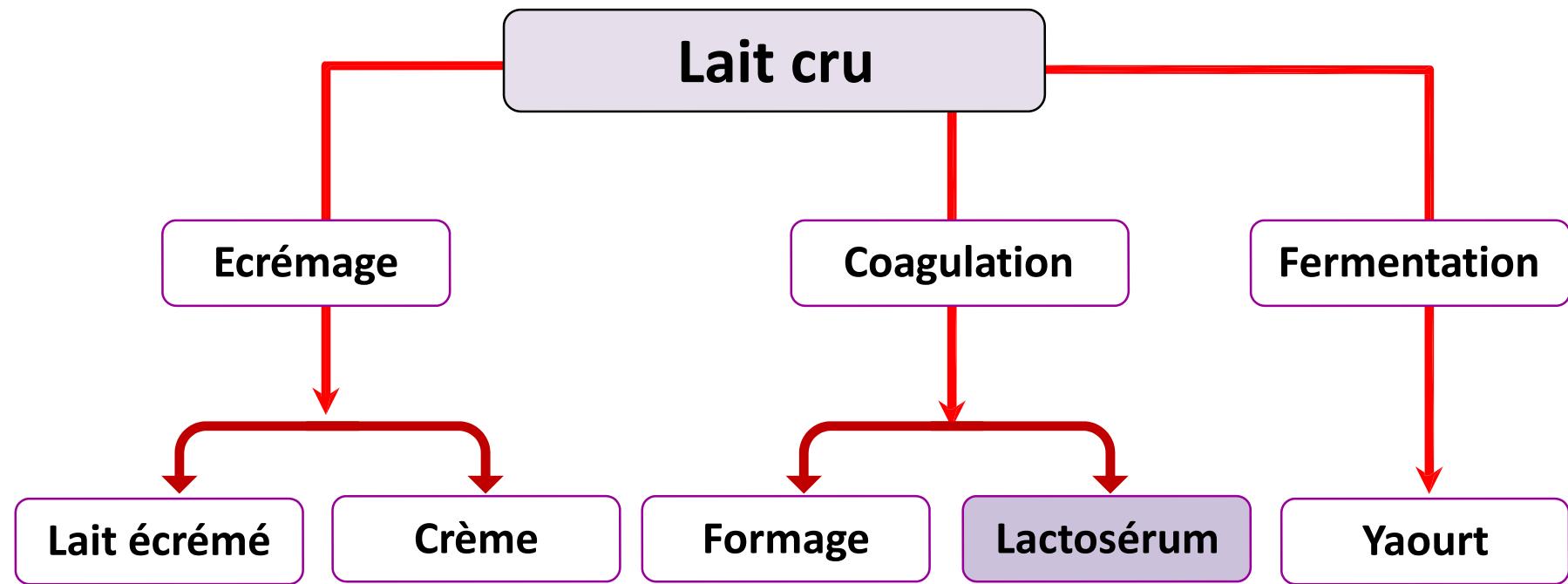
Composition moyenne du lait en grammes par litre

	Eau	Extrait sec dont :	Matière grasse	Protéines			Glucide: lactose	Matières minérales
				Totales	caséine	albumine		
Humain (Lait maternel)								
Femme	905	117	35	12-14	10-12	4-6	65-70	3
Équidés								
Jument	925	100	10-15	20-22	40-44	9-13	40-45	6-9
Ânesse	925	100	10-15	20-22	40-44	9-13	40-45	6-9
Ruminantia, Lait de vache								
Vache	900	130	35-40	30-35	27-30	3-4	45-50	8-10
Chèvre	900	120	40-45	35-40	30-35	6-8	40-45	5-8
Brebis	860	190	70-75	55-60	45-50	8-10	45-50	10-12
Bufflonne	850	180	70-75	45-50	35-40	8-10	45-50	8-10
Renne	675	330	160-200	100-105	80-85	18-20	25-50	15-20

Composition du lait

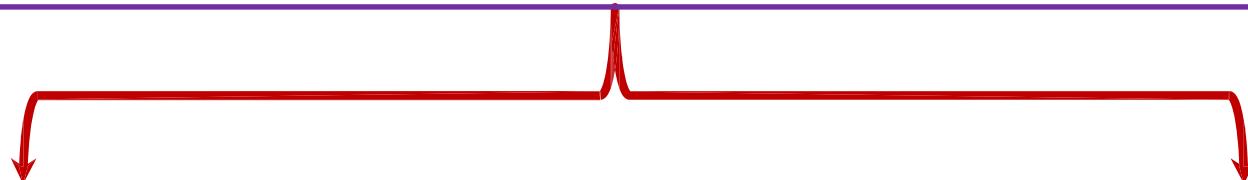
	Composition moyenne du lait en grammes par litre							
	Eau	Extrait sec dont :	Matière grasse	Protéines			Glucide: lactose	Matières minérales
				Totales	caséine	albumine		
Suidés								
Truie	850	185	65-65	55-60	25-30	25-30	50-55	12-15
Carnivores et lagomorphes								
Chiènne	800	250	90-100	100-110	45-50	50-55	30-50	12-14
Chatte	850	200	40-50	90-100	30-35	60-70	40-50	10-13
Lapine	720	300	120-130	130-140	90-100	30-40	15-20	15-20
Cétacés								
Marsouin	430	600	450-460	120-130	-	-	10-15	6-8

Utilisation du lait



Coagulation du lait

La coagulation du lait est provoquée par **la dénaturation de la caséine**, protéine majoritaire du lait. La matière grasse et les séroprotéines ont un rôle passif. Le lait peut être coagulé en lui ajoutant de la présure ou en l'acidifiant par l'intermédiaire de bactéries lactiques ou par acidification chimique. Il en résulte une agrégation des micelles de caséine donnant un gel (ou coagulum). Les différentes caséines sont organisées en micelles qui sont des agrégats de plusieurs molécules de caséine. On distingue donc deux types de coagulations:



**La coagulation lactique ou
coagulation acide**

**La coagulation par action
de la présure**

Coagulation du lait

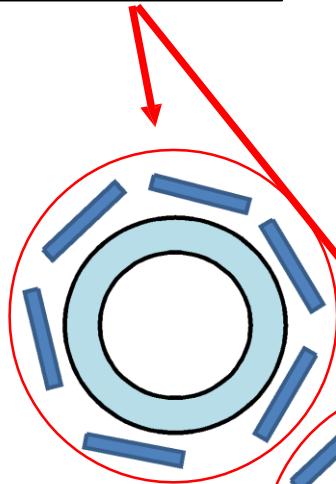
La coagulation lactique ou coagulation acide

Dans le lait, les micelles de caséines et les globules gras sont chargés négativement. Ceci entraîne une répulsion électrostatique qui assure la stabilité du lait. Les fragments de caséine kappa sont hydrophiles et se trouvent en périphérie des micelles, où ils créent une couche d'hydratation (eau retenue **empêchant le rapprochement des colloïdes entre eux**). L'acide lactique, issu de la dégradation du lactose par les bactéries lactiques, porte des charges positives qui neutralisent les charges négatives des micelles. À pH 4,6 (pHi de la caséine) on obtient leur neutralité. L'acide déhydrate ainsi les micelles, ce qui leur permet de se rapprocher. En effet, les micelles se lient par des interactions hydrophobes (liaisons faibles, réversibles) en retenant dans leur réseau les globules gras, les micro-organismes, les vitamines, toutes les particules qui peuvent être retenues dans les mailles du réseau caséinique. On obtient un gel : c'est la coagulation lactique du lait (lait fermenté).

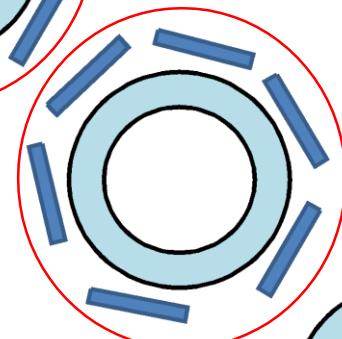
Coagulation du lait

La coagulation lactique ou coagulation acide

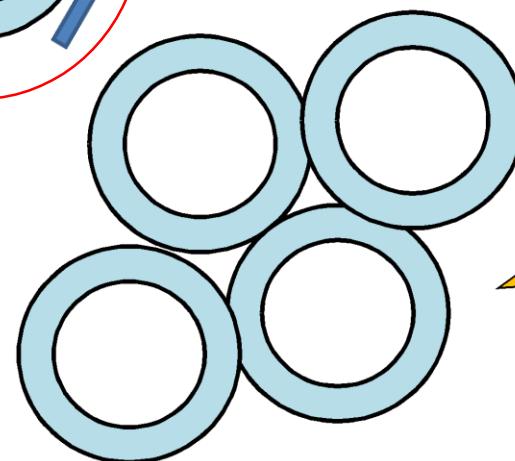
Zone hydrophile



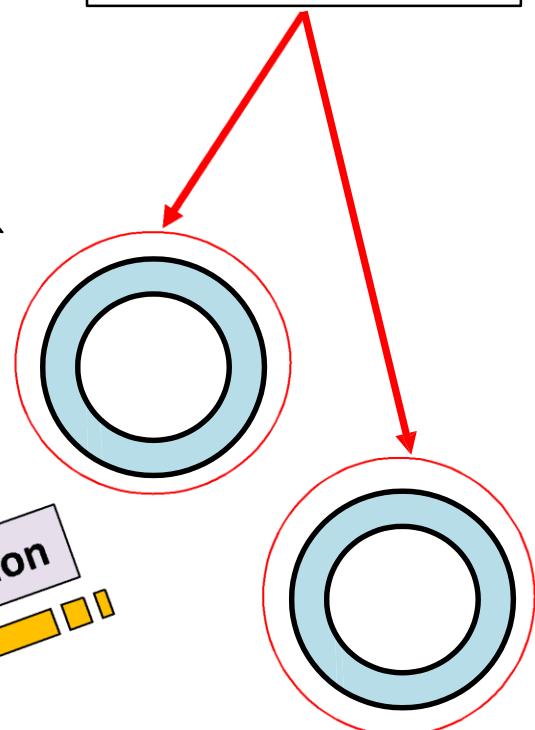
+ + +
Acides lactique



+ + +
Acides lactique



Zone hydrophobe



Coagulation du lait

La coagulation par action de la présure

La présure animale est constituée de deux enzymes dont la proportion varie selon l'âge de la bête: **la chymosine et la pepsine**. Cette dernière n'agit pas principalement sur la coagulation du lait. En général, la présure commerciale est très composée de chymosine (à au moins 85 %). Il existe également des présures végétales et de synthèse.

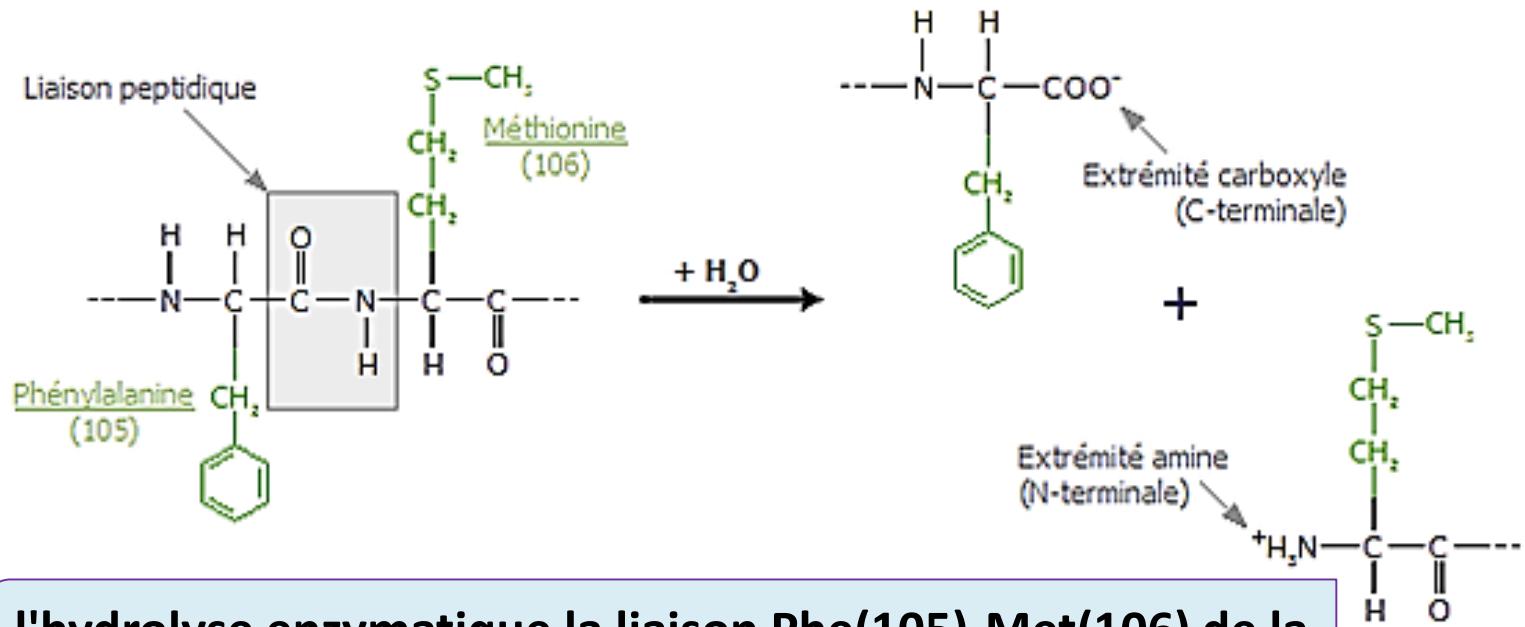
La phase primaire ou phase enzymatique

Il existe différentes enzymes capables d'hydrolyser la liaison Phe(105)-Met(106)6 de la k-caséine. Cette hydrolyse coupe la molécule en deux. On obtient d'une part le CMP (Caseino-Macro-Peptide) hydrophile et soluble, diffusé à l'extérieur de la micelle de caséines ; d'autre part le PCK (Para-Caséine-Kappa) hydrophobe. La chymosine est une hydrolase permettant cette coupure protéolytique. La rapidité du déroulement dépend du pH et de la température.

Coagulation du lait

La coagulation par action de la présure

La phase primaire ou phase enzymatique



l'hydrolyse enzymatique la liaison Phe(105)-Met(106) de la k-caséine

Coagulation du lait

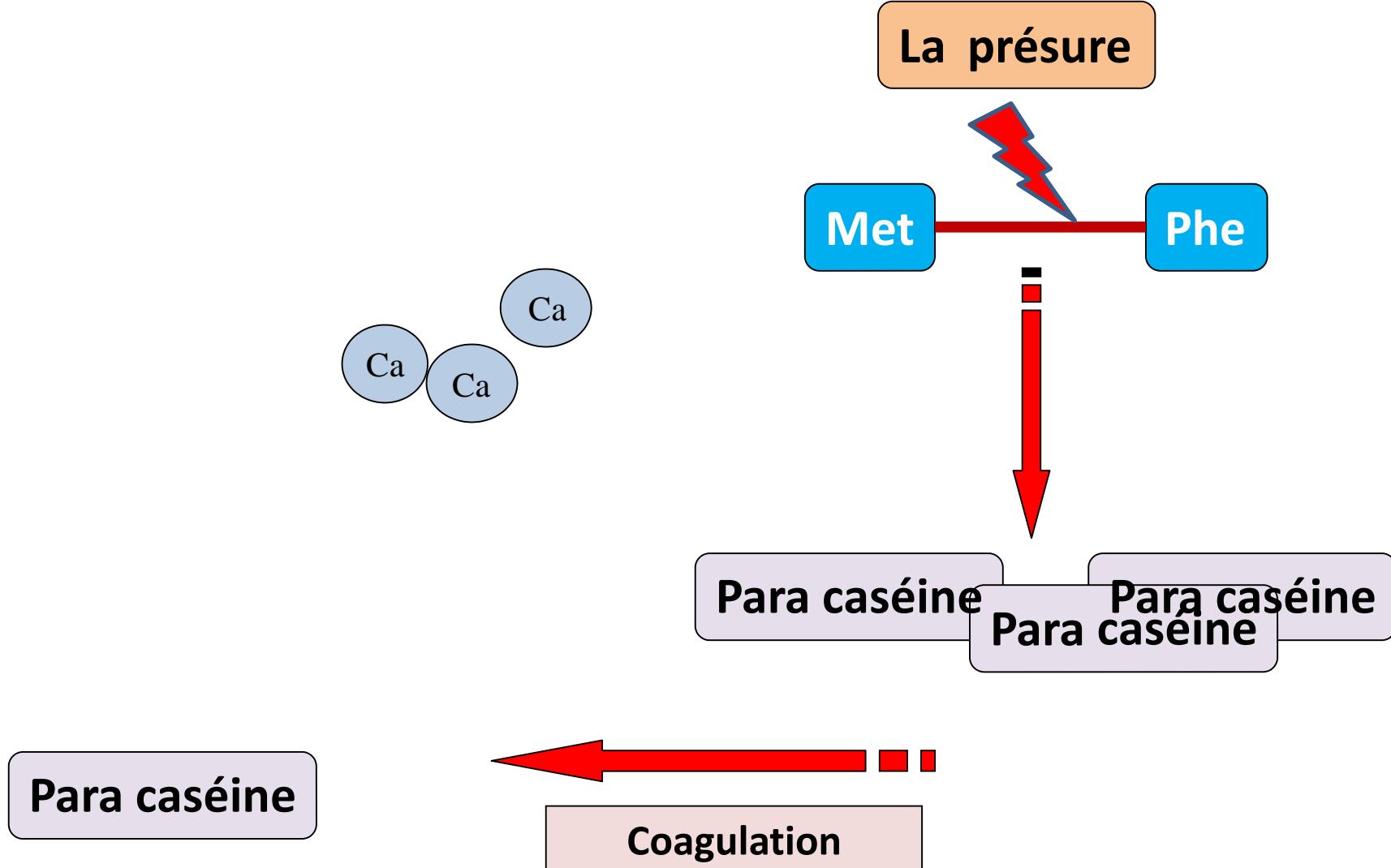
La coagulation par action de la présure

La phase secondaire ou formation de caillé

La perte des Caséino-Macro-Peptides dans les micelles de caséines fait que les k-caséines ne se repoussent plus (le caractère hydrophobe des micelles augmente). Le fractionnement du phospho-caséinate laisse des liaisons libres qui peuvent être occupées par le calcium ionisé (cation bivalent) qui va former des ponts calciques; on pense possible la formation de ponts disulfures. C'est une réaction irréversible qui produit un gel souple. La vitesse de formation du coagulum ainsi que de son durcissement augmente avec la température. Elle est très faible à 15°C et très forte à 55°C. La partie liquide restante est principalement constituée du lactosérum qui est lui-même composé de lactose, de 20 % des protéines du lait, ainsi que de divers molécules et vitamines.

Coagulation du lait

La coagulation par action de la présure



Le lactosérum



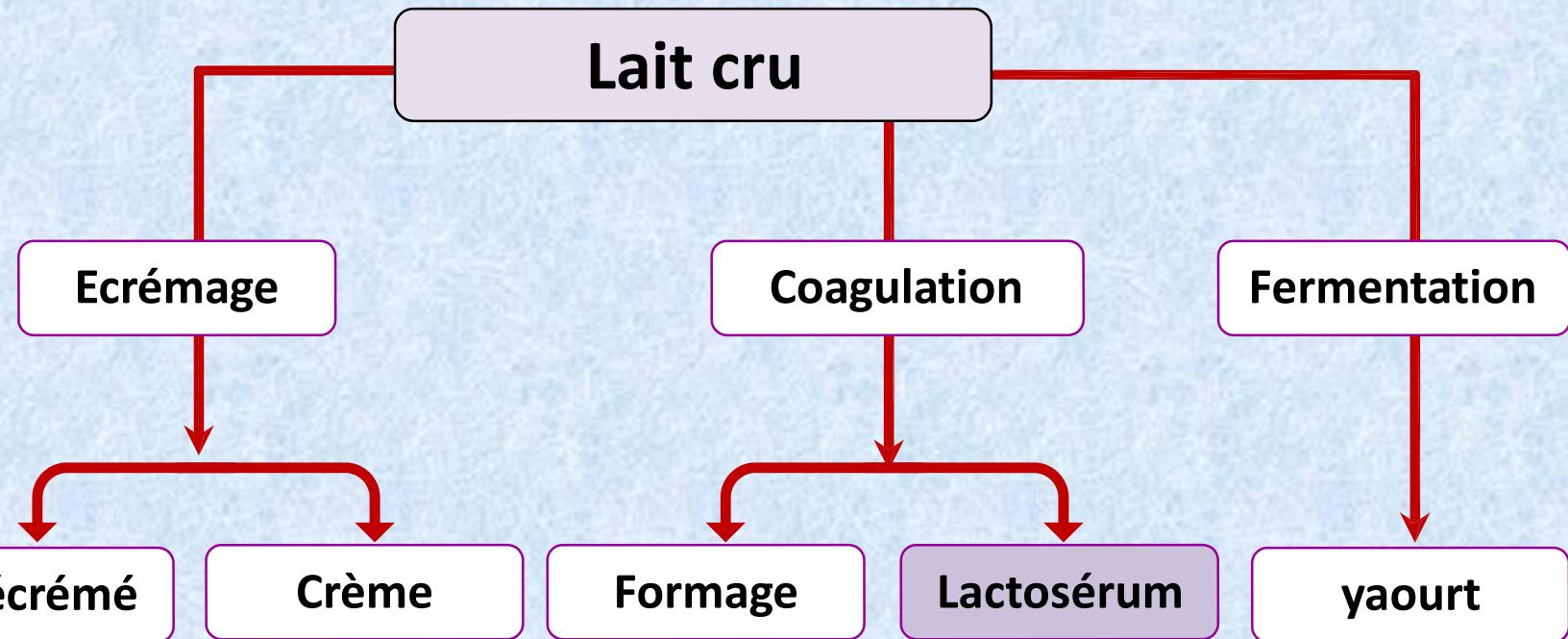
Le lactosérum

Le lait peut être coagulé en lui ajoutant de la présure ou en l'acidifiant par l'intermédiaire de bactéries lactiques ou par acidification chimique. Il en résulte une agrégation des micelles de caséine donnant un gel (ou coagulum). Au début de la fabrication du fromage, la phase aqueuse, appelée lactosérum.

Le lactosérum, ou petit-lait ou sérum, est la partie liquide issue de la coagulation du lait. Le lactosérum est un liquide jaune-verdâtre, composé d'environ 94 % d'eau, de sucre (le lactose), de protéines, de très peu de matières grasses et de sels minéraux

Il a longtemps été considéré comme un déchet encombrant car à la fois très polluant et produit en grandes quantités par l'industrie fromagère (Chaque fois qu'un litre de lait est mis en œuvre pour fabriquer un fromage, il y a production de 0.6 à 0.9 litre de lactosérum).

Le lactosérum



Composition de lactosérum

Deux grandes classes de lactosérum sont souvent distinguées en fonction du coagulant : **le lactosérum doux**, obtenu par coagulation du lait avec de la présure et **le lactosérum acide**, obtenu par coagulation du lait par acidification provoquée par le métabolisme des bactéries lactiques ou par acidification chimique. On obtient en effet environ 9 litres de lactosérum et 1 kg de fromage à partir de 10 litres de lait.

On distingue donc maintenant les lactosérum selon l'acidité du liquide obtenu:

Les types de lactosérum

Lactosérum acide

- Le pH: 4 à 5,5
- Issu de la fabrication de fromage par acidification
- acidité de 120 ° Dornic

Lactosérum doux

- Le pH : 5.7 à 6.5
- Issu de la fabrication de fromage par la présure
- l'acidité varie entre 15 et 22 ° Dornic

Composition de lactosérum

A chaque type de fromage et à chaque étape de fabrication est associé un lactosérum. Les lactosérum doux sont pauvres en calcium et phosphore contrairement aux lactosérum acides, tout en présentant une teneur peu supérieure en lactose et protéine.

Le lactosérum emporte avec lui la plus grande partie de l'eau du lait. Il est donc fait à 94 % d'eau, à 4 à 5 % de lactose puis de protéines solubles (9 % de ms), de sels minéraux. Le lactose est le seul sucre comestible d'origine animale.

Composition de lactosérum



Les protéines

Les protéines du lactosérum représentent 17 % du total des matières azotées du lait, et représentent 0.6 à 0.7 % de la matière sèche du lactosérum. Elles ont une meilleure valeur nutritionnelle, surtout en raison de leur composition élevée en acides aminés essentiels. Les plus importantes sont **la β -lactoglobuline (β -LG), l' α -lactalbumine (α -LA), le glycomacropeptide (GMP), les immunoglobulines bovines (IgG), l'albumine sérique bovine (BSA) et la lactoferrine bovine (LF)**. La β -lactoglobuline est la protéine la plus importante dans le lait de vache : elle représente 2,5 à 3 g par litre, ce qui correspond à 50 % des protéines lactosériques.

La β -lactoglobuline (50%), de masse moléculaire 18362 Da, de nature holoprotéique, son pH varie selon les variants génétiques de 5.23 à 5.30 (due à la substitution de l'Asp par la Lys).

L'α-lactoglobuline dite aussi α-lactalbumine (22%), de masse moléculaire voisine de 14174 Da, elle représente le facteur de régulation du système enzymatique de la lactose synthétase, son pH_i est de 4.8; cette protéine est riche en tryptophane.

Les immunoglobulines (12 %) (en majorité des IgG de masse moléculaire 160 kDa chez les ruminants et des IgA chez les monogastriques de masse moléculaire 320 kDa, ainsi que des IgM)

Les protéoses peptones(10 %)

La sérumalbumine (5 %)

Autres protéines mineures possédant une activité biologique: la lactoferrine et la lactoperoxydase, qui possèdent une activité bactéricide ou bactériostatique sur certaines espèces pathogènes.

La détermination de la teneur en protéines totales du lait repose sur le dosage de l'azote total par la **méthode de Kjeldahl**. L'inconvénient de cette méthode provient du fait que l'on dose également l'azote non protéique.

Composition de lactosérum



Le lactose

Le lactose: il s'agit du β - D - galactopyranosyl (1-4) α ou β D-glucopyranose. Le lactose représente 70 à 80% de matière sèche du lactosérum; il peut subir des réactions de cristallisation, de dégradation physico-chimique et de fermentation lactique bactérienne.



Les minéraux

Les minéraux: Ils représentent 7 à 12 % de matière sèche du lactosérum. Il s'agit essentiellement du calcium et du phosphore ,ainsi que le potassium, le sodium, le magnésium, le chlore, le fer, ...etc

Composition de lactosérum



Les vitamines

Les vitamines sont en majorité hydrosolubles, car les vitamines liposolubles sont entraînées par la matière grasse du caillé égoutté. Ce sont donc essentiellement les vitamines du groupe B: la riboflavine (B2) qui lui donne sa couleur verdâtre, la thiamine (B1), la pyridoxine (B6), ainsi que la vitamine C.



Les matières grasses

Les matières grasses: Elles ne représentent que 0.7 % de la matière sèche du lactosérum, puisque la quasi totalité de la matière grasse du lait est retenue dans le caillé.

Composition de lactosérum

Composition d'un lactosérum doux et d'un lactosérum acide
(d'après Sottiez³ 1990)

	Lactosérum doux (Emmental)	Lactosérum acide (Caséine)
Liquide %	93,5	94
Extrait sec %	6,5	6,00
pH	6,70	4,60
Composition en g/l		
Lactose	76,00	74,00
Protéines	13,50	12,00
Cendres	8,00	12,00
Acide lactique	1,80	1,80
Matière grasse	1,00	0,50
Matière minérale		
Ca %	0,60	1,80
P %	0,60	1,50
NaCl	2,50	7,50

Extraction et utilisations du lactosérum et de ses dérivés

Le lactosérum est un sous-produit de l'industrie fromagère, lorsqu'il est déversé dans une rivière; il engendre des effets polluants: les bactéries et autres micro-organismes vivants dans l'eau, attaquent certains constituants du lactosérum (lactose principalement) en consommant l'oxygène de l'eau. Ce dernier manquera aux poissons et aux plantes aquatiques qui mourront d'asphyxie.

Ces torts causés à l'environnement pourraient être évités d'autant que le lactosérum est une matière noble dont il y a encore beaucoup à tirer. En effet, on en extrait donc du lactose (les méthodes d'extraction sont voisines de celles qui sont utilisées en sucrerie de cannes ou de betterave), mais aussi de l'acide lactique et de la riboflavine(vit B2).

Extraction et utilisations du lactosérum et de ses dérivés

Le lactosérum entre dans la composition de divers produits alimentaires et pharmaceutiques, notamment les produits diététiques (dans l'aliment lacté diététique maternisé pour nourrissons, ou de régime).

De façon générale, le lactosérum est utilisé, pour l'alimentation animale: où utilisé sous sa forme liquide, il peut remplacer la totalité de l'eau de poisson et utilisé en poudre, il représente un facteur d'appétence chez le jeune veau. Cependant, l'incorporation exagérée de lactosérum dans l'alimentation des animaux domestiques présente un déséquilibre nutritionnel ainsi que certains troubles digestifs: diarrhées, acidose, cétose, météorisation...etc.

Extraction et utilisations du lactosérum et de ses dérivés

Le lactosérum est le liquide résiduel représentant plus de 80 % du lait utilisé en fromagerie. Il est intéressant par ses protéines et le lactose qu'il contient, mais pour l'industriel, il comporte certains inconvénients: extrait sec faible, salinité forte (10% de l'extrait sec), rapport protéine/glucose bas (1/6).

Extraction et utilisations du lactosérum et de ses dérivés

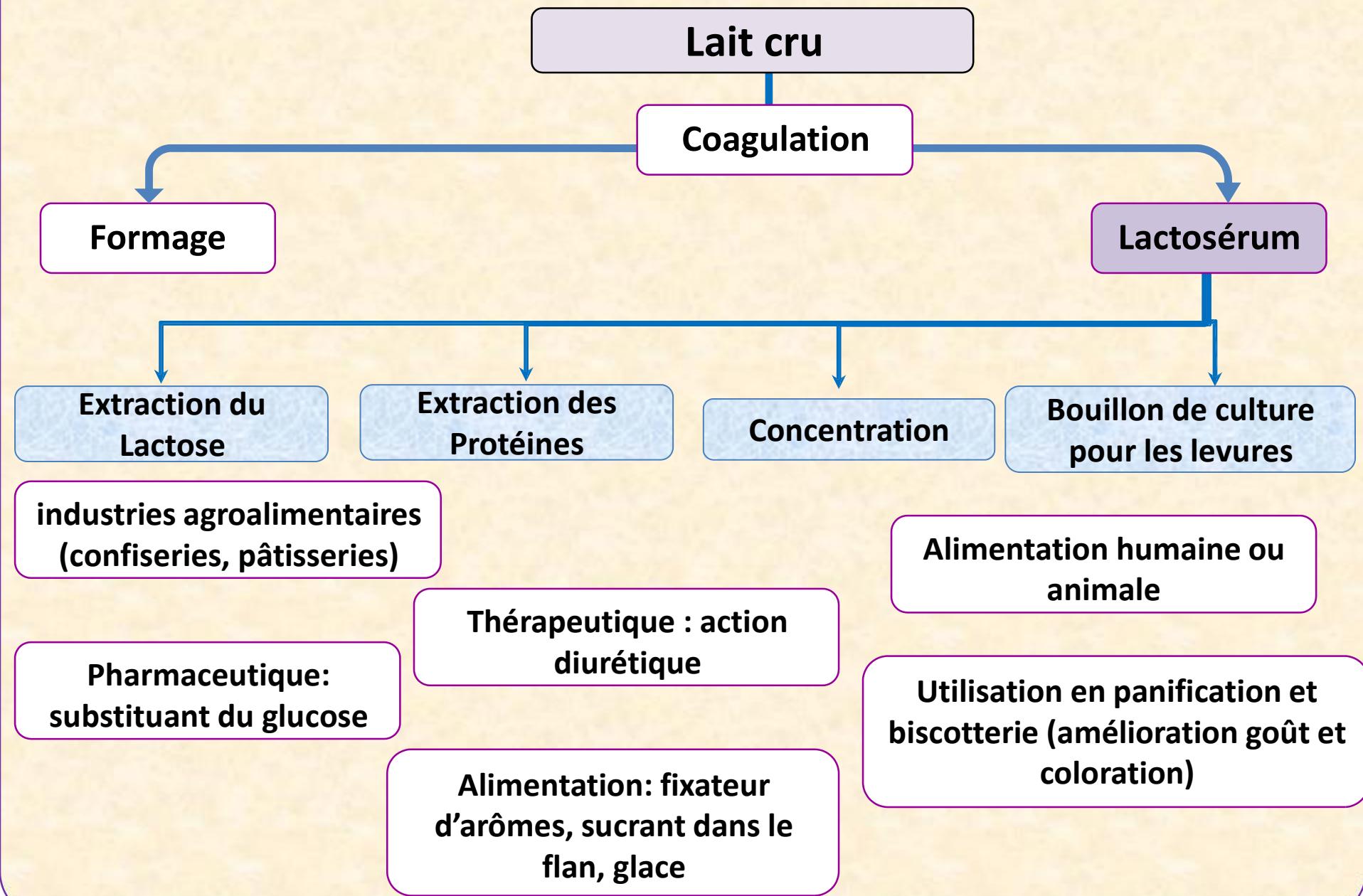
Valorisation du lactosérum

Les progrès de la technologie ont permis ces dernières décennies de résoudre les problèmes de valorisation d'un produit agricole qui contient encore la moitié de la matière sèche du lait. À cette fin, il faut procéder à une série d'extractions:

- 1) éliminer l'eau, le principal constituant du lactosérum
- 2) extraire le lactose
- 3) enrichir et extraire les protéines sériques
- 4) éliminer une partie des minéraux.

L'industrie du lactosérum s'est considérablement développée depuis l'an 2000 et a vu la progression de marchés se chiffrant en milliards de dollars, de poudre de lactosérum, de protéines de lactosérum, de fractions de protéines de lactosérum, sans parler du marché du lactose, du lactose pharmaceutique, et des dérivés du lactose.

Extraction et utilisations du lactosérum et de ses dérivés



Extraction et utilisations du lactosérum et de ses dérivés

Valorisation du lactosérum

La poudre de lactosérum est obtenue par élimination partielle de l'eau puis par déshydratation par atomisation en tour de séchage.

Les protéines de lactosérum sont proposées sur le marché, soit sous forme d'isolats soit comme concentrés :

Isolats de protéines sériques (WPI, whey protein isolate) : ils sont obtenus par chromatographie sur résines échangeuses d'ions. Complètement débarrassés du lactose, ils ont une teneur en protéines d'environ 90 %. Ils sont plus riches en protéines que les concentrés et présentent des propriétés fonctionnelles différentes, en raison notamment de leur richesse en immunoglobulines.

Extraction et utilisations du lactosérum et de ses dérivés

Valorisation du lactosérum

Concentrés de protéines sériques (WPC, whey protein concentrate) : ils sont obtenus par élimination des constituants non protéiques du lactosérum, de manière à obtenir une poudre contenant au minimum 25 % de protéines. Ils se présentent généralement sous forme de poudres pouvant contenir entre 30 et 90 % de protéines sur matière sèche. Leur production se fait grâce aux techniques de séparation physique comme la précipitation, délipidation, la filtration, ultrafiltration et la dialyse.

On procède ensuite à une extraction sélective sur des résines de chromatographie par échanges d'ions.

Le lactose peut être isolé des autres éléments du lactosérum par cristallisation ou ultrafiltration.

Extraction et utilisations du lactosérum et de ses dérivés

Utilisations industrielles

Les concentrés de protéines sériques (WPC) de bonnes qualités organoleptiques sont principalement utilisés dans l'alimentation animale, la fabrication des fromages frais, des produits diététiques, glaces, sauces et en boulangerie-pâtisserie. Les concentrés de protéines sériques sont très recherchées en diététique en raison de leur très hautes valeur nutritive. Les produits pour sportifs, seniors et pour le contrôle du poids à base de protéines sériques sont en constant développement en Europe.

Propriétés biologiques du lactosérum

Les protéines du lactosérum traversent plus rapidement l'estomac que les caséines. Dans l'estomac, la fraction solubles des protéines de lait est évacuée rapidement alors que les caséines précipitent au contact du pH acide du milieu en formant un réseau protéique dense. Ainsi, les protéines de lactosérum qui sont rapidement absorbées par l'estomac, peuvent être considérées comme des protéines « rapides », entraînant une élévation rapide (courte durée) de la teneur en acides aminés du plasma sanguin (ou hyperaminoacidémie). Au contraire, les caséines qui sont absorbées progressivement, sont qualifiées de protéines « lentes ».

Propriétés biologiques du lactosérum

Stimulation immunitaire

Des essais préliminaires ont montré que l'isolat de lactosérum, à raison de 24 à 45 g par jour pouvait agir favorablement sur le système immunitaire défaillant de malades. Chez la souris immunisée par des globules rouges de mouton, l'administration d' α -lactalbumine accroît la réponse immunitaire qui se traduit par une augmentation du poids du thymus, du nombre de thymocytes et lymphocytes.

Lactose

À cause des problèmes d'intolérance de certaines personnes au lactose, ou de leur difficulté à le digérer, beaucoup de fabricants de compléments protéinés à utilisation sportive produisent des poudres de lactosérum sans lactose.

Propriétés biologiques du lactosérum

Musculation

L'arrivée des concentrés de protéines de lactosérum a été une révolution dans le monde du conditionnement physique et de la musculation. Leur haute teneur en protéines et leur faible teneur en graisses et en calories en feraient un complément de choix avant et après l'entraînement physique. L'absorption d'environ 20 g de protéines durant ou juste après l'exercice est suffisant pour maximiser la synthèse post-entraînement des protéines musculaires. La stimulation de l'anabolisme musculaire semble plus marquée en situation de récupération après un exercice musculaire intense et après ingestion d'acides aminés indispensables (notamment de leucine).

A photograph showing two glasses of beer on a light-colored wooden surface. The glass on the left is a tall, slender mug filled with a light-colored beer. The glass on the right is a wider, shorter mug containing a similar beer. Both glasses have condensation on their exterior walls.

Merci pour
votre
attention



Merci pour
votre
attention

