

Activité 12 : Du lait pour coller !

Problématique : Réaliser une colle à base de lait, vérifier son efficacité et expliquer les différentes étapes de sa fabrication
Documents à disposition

Doc 1 - Comment la colle agit-elle ?

Colles et adhésifs

Une colle, ou un adhésif, est une substance liquide ou gélatineuse servant à lier des matériaux entre eux. Cette substance, généralement un polymère, peut être d'origine naturelle (latex, os, ...) ou synthétique (vinylique, époxy, cyanoacrylate). Les colles sont réparties en deux catégories : celles à prise physique et celles à prise chimique.

Les colles à prise physique sont constituées d'un polymère dissous ou en suspension dans un solvant susceptible de s'évaporer ou d'un polymère sous-fondu qui va durcir après application ; aucune réaction chimique ne se produit alors.

Les colles à prise chimique sont des colles dans lesquelles le polymère se forme ou se termine au moment de l'utilisation. Un catalyseur, le dioxygène ou l'eau de l'atmosphère, un rayonnement UV provoquent la réaction. L'adhésion des colles aux matériaux peut faire intervenir des liaisons covalentes, des liaisons ioniques, des liaisons hydrogène et des interactions de Van Der Waals.

A chaque matériau son mode de collage. Comment assembler deux matériaux polymères, appelés plus simplement plastiques ? Pour être efficaces, les colles utilisées doivent être formées des mêmes molécules que celles des polymères à joindre. Sous une forme liquide, les molécules de la colle pénètrent dans les deux solides, se mêlent à eux et réagissent avec leurs molécules pour former de nouvelles chaînes moléculaires. Le phénomène permet de faire passer ces chaînes d'un solide à l'autre, le tout formant alors un maillage très résistant.

Doc 2 - A propos du lait

Le lait est un mélange complexe et instable d'eau (87%) et de nutriments constitués par des lipides, des protéines, des glucides et du sel. Le lait contient une phase aqueuse et des substances lipophiles (insolubles en phase aqueuse) : les deux phases devraient se dissocier. En réalité, la caséine principale protéine du lait permet de former une émulsion stable. Les caséines sont des macromolécules composées d'une longue chaîne carbonée et azotée qui est lipophile et d'un bout de chaîne hydrophile (ou lipophobe). On dit que cette molécule est un tensioactif (voir fig.1).

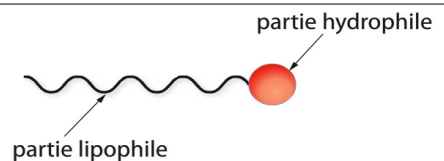


Fig. 1 Représentation schématique d'un tensioactif.

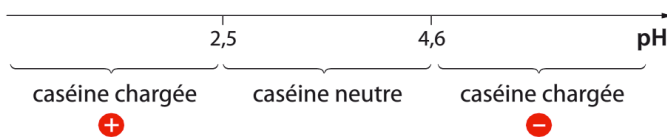


Fig. 2 Diagramme de prédominance de la caséine en fonction du pH.

La charge de la caséine varie avec le pH (Fig. 2). Ainsi, pour un pH supérieur à 4,6, la caséine est globalement chargée négativement.

Dans le lait, les matières grasses (lipides insolubles dans l'eau) s'entourent de molécules de caséine, dont la partie lipophile baigne dans la matière grasse et la partie hydrophile baigne dans l'eau. Il se forme ainsi des micelles, constituées de gouttelettes de matière grasse entourée de molécules de caséine. Le pH du lait étant supérieur à 4,6 (voir fig.2), la couche externe des micelles est négative, ces dernières se repoussent entre elles, ce qui empêche la précipitation des matières grasses (voir fig.3). En faisant varier le pH du lait, on peut donc diminuer la répulsion électrostatique entre micelles, et on peut ainsi provoquer leur précipitation sous forme d'un coagulum de matière grasse et de caséine : le caillé. Pour obtenir la caséine, il faut débarrasser le caillé des matières grasses qu'il contient.

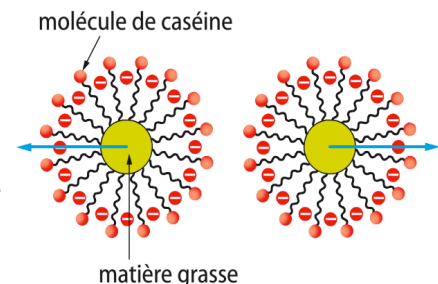


Fig. 3 Répulsion électrostatique entre des micelles de caséine.

Doc 3 - Caractéristiques physico-chimiques de diverses substances

Nom	Données physico-chimiques
Acide	Soluble dans l'eau, l'éthanol, l'acétone.
Acétone	Très soluble dans l'eau, bon solvant de matières grasses.
Caséine de lait	Insoluble en solution aqueuse acide et dans l'acétone, soluble en solution aqueuse basique.

Fig. 4 Données physico-chimiques.

Eau	89,2 g
Lactose	4,7 g
Protéines	3,2 g
Lipides	1,6 g
Calcium	0,1 g
Phosphore	0,1 g
Autre	1,1 g

Fig. 5 Composition de 100 g de lait.

Travail à faire

1 - Préparation de la colle

Étape 1 - Objectif : extraction de la caséine du lait

- Mesurer le pH du lait avant la manipulation et noter sa valeur.
- Chauffer 100 mL de lait à 40°C dans un bécher de 250 mL.
- Quand la température atteint 40°C, couper le chauffage, puis introduire très doucement à la pipette graduée, et en agitant avec une baguette en verre, 20 mL de vinaigre blanc (contient de l'acide éthanoïque). Le lait se met à cailler.
- Mesurer le nouveau pH une fois le lait caillé et noter le résultat.
- Filtrer le lait caillé sur Büchner garni d'une gaze seulement.
- Laver à l'aide d'environ 10 mL d'eau distillée bien froide et quelques gouttes d'acétone, et filtrer à nouveau si nécessaire. Sécher avec du papier filtre, puis un sèche-cheveux. Mesurer la masse de caséine obtenue.

Étape 2 - Objectif : préparation de la colle à la caséine

- Dans un pot en verre, prélever 5,0 g de pâte à la caséine. Ajouter 1,5 g d'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$ et 0,7 g de carbonate de sodium $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$.
- Ajouter quelques gouttes d'eau distillée, si nécessaire, jusqu'à obtention d'une pâte homogène.
- Répartir cette mixture, à l'aide de la spatule, au niveau de la partie centrale d'un morceau de carton, de papier ou de plastique.
- Placer par-dessus l'autre morceau de carton puis appuyer en effectuant des pressions du centre vers les bords.
- Si la mixture déborde, laver tout de suite la paillasse à l'aide d'une éponge que vous rincez abondamment.
- Laisser sécher au moins 10 minutes.

2 - Compte-rendu

Rédiger un compte-rendu expliquant les différentes étapes de la fabrication de la colle et son efficacité en respectant le plan suivant :

1. Constitution du lait et stabilité
2. extraction de la caséine du lait
3. efficacité de la colle fabriquée

Les réponses aux questions suivantes seront intégrées au compte rendu (attention ! Le compte-rendu ne se résume pas à la liste des réponses aux questions)

- Expliquer les termes «hydrophile» et «lipophile».
- Quel rôle joue la caséine dans la stabilité du lait ? Répondre en s'aidant de schémas et en utilisant un vocabulaire adapté (micelle, molécules tensio-actives, émulsion) qui sera défini.
- Quelle est la charge portée par les molécules de caséine dans le lait ? Quel effet sur la stabilité du lait ?
- Pourquoi le lait caille-t-il lorsque de l'acide éthanoïque est ajouté.
- Quel est l'intérêt de chauffer le lait ?
- Quelle est la composition du caillé après l'ajout d'acide ?
- Justifier l'ajout d'acétone.
- Les protéines de lait sont constituées à 80 % de caséine. Le lait a une densité égale à 1,034. Déterminer la masse de caséine contenue dans les 100 mL de lait du départ. La comparer avec la masse extraite et conclure.
- Expliquer pourquoi un mélange de fromage et de chaux (constituée d'hydroxyde de calcium) était utilisé au moyen-âge comme colle à bois ainsi que comme ciment.
- Comparer l'efficacité de la colle sur les différents matériaux testés.

Pour aller plus loin ...

Visionner le film : http://videotheque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=2268&rang=2

Répondre à la question : « pourquoi ça colle ? »