

Le jus de citron prévient-il le noircissement des pommes ?

Objectif pédagogique :

Comprendre la notion de vitamine (notamment, la vitamine C).
Découvrir la puissance de la méthode mise en œuvre lors de l'analyse chimique.

Notion principale abordée :

Les vitamines

Autres notions :

L'oxydation
La composition du jus de citron
Les enzymes
Les recettes
La méthode de l'analyse chimique

Durée :

2 heures

Autonomie :

Une partie de l'expérience nécessite l'utilisation d'une plaque chauffante et sera donc faite par l'enseignant.

Fiche expérimentale :

Matériel pour une classe de 30 enfants :

- 8 pommes
- 10 citrons
- Acide citrique (1 cuiller à café de poudre dans 1 litre d'eau)
- Acide ascorbique, ou vitamine C (1 cuiller à café de poudre dans 1 litre d'eau)
- Permanganate de potassium (1 cuiller à café de poudre dans 1 litre d'eau)
- Un couteau
- Une planche à découper
- Une casserole
- Une plaque chauffante
- 2 verres

Protocole :

Ayant obtenu une « précision culinaire », on la teste. Puis, ayant vu son efficacité, on s'interroge sur le fait surprenant que les pommes brunissent et que les pommes additionnées de jus de citron ne brunissent plus. On essaye de déterminer quel composant du jus de citron est responsable du non brunissement en testant séparément chaque constituant et en cherchant s'ils préviennent le brunissement des pommes.

1. Le professeur lit la recette suivante (ou tout autre recette analogue). Lors d'un commentaire de groupe, les enfants prennent conscience du fait que les recettes comportent une partie de définition et de précisions (par exemple, l'ajout de jus de citron). On décide d'explorer le brunissement des pommes.
2. Chaque enfant découpe deux rondelles de pomme et en laisse une à l'air libre et arrose l'autre de jus de citron. Après $\frac{1}{2}$ h, les enfants observent et comparent leurs deux rondelles de pomme.
3. Les enfants se demandent ce qui, dans le jus de citron, évite le brunissement. L'enseignant place le jus de 3 citrons dans une casserole et le fait chauffer à feu doux. Il fait observer aux élèves la fumée blanche qui s'élève au-dessus de la casserole. Puis il fait placer par un élève un verre ou un bol en verre dans la fumée blanche qui s'échappe de la casserole. On observe de la buée qui se condense sur le verre ou le bol. On peut goûter la buée.
4. L'enseignant indique alors que le jus de citron est composé d'eau, de sucre, d'acide ascorbique, d'acide citrique et de composés qui donnent l'odeur. On goûte des échantillons de chaque.
5. Afin de savoir quel composé du citron est actif contre le brunissement, les enfants se répartissent en groupe. Chaque groupe découpe deux rondelles de pomme, laisse l'une à l'air libre et arrose l'autre d'eau pure, ou bien d'eau sucrée, ou bien d'une solution d'acide citrique ou enfin d'une solution d'acide ascorbique. Les enfants comparent le brunissement de leurs pommes et déterminent quel composant du jus de citron a empêché leur pomme de brunir.
6. L'enseignant fait bouillir une solution d'acide ascorbique. Puis, quand elle est refroidie, les enfants testent son pouvoir antioxydant sur une rondelle de pomme. On observe que le brunissement n'est plus prévenu.

Commentaires pédagogiques :

- 1. Le professeur lit la recette suivante (ou tout autre recette analogue). Lors d'un commentaire de groupe, les enfants prennent conscience du fait que les recettes comportent une partie de définition et de précisions (par exemple, l'ajout de jus de citron). On décide d'explorer le brunissement des pommes.*

On pourra commencer la séance par l'étude analytique de la « recette » afin de développer le sens critique des enfants. Qu'est-ce qu'une recette ? Les recettes sont-elles toujours fiables ? On regardera notamment la construction (ingrédients, instructions), le temps des verbes (ici, l'impératif, souvent l'infinitif), le vocabulaire spécifique (« incorporer », « abaisser », « faire cuire à blanc »...)

On constatera notamment que, dans une recette de cuisine, se distinguent des parties de « définition » (en gras), des parties de « précision » (en souligné) et des mots inutiles techniquement.

Tarte aux pommes

Ingrédients :

- 200 g de farine
- 125 g de beurre demi-sel froid
- un œuf et un peu d'eau froide
- 3 grosses pommes de type Golden
- 130 mL de compote de pommes
- 1 cuillère à soupe de jus de citron
- 50 g de sucre
- 30 g de beurre coupé en petits morceaux

Instructions :

- Mettez la **farine** dans un saladier, formez un puit, mettez le **beurre ramolli** en petits morceaux et l'**œuf battu** dans le puit.
- Avec les doigts, incorporez la farine petit à petit vers le centre du saladier tout en malaxant légèrement l'ensemble.
- Ajoutez éventuellement un peu d'eau froide, si la pâte est trop sèche.
- Dès que toute la farine est incorporée, formez une boule avec la pâte.
- Préchauffez le four à 180°C.
- Abaissez la pâte sur une surface bien farinée puis mettez-la dans un moule à tarte antiadhésif.
- Piquez la surface et les bords de la pâte avec une fourchette.
- Epluchez puis coupez les **pommes en quartiers**. Coupez les en fines lamelles, placez les dans un grand bol et recouvrez les de jus de citron pour leur éviter de noircir.
- Faites cuire la pâte 10 minutes à blanc.
- Etalez la compote sur la pâte, y disposer les pommes et les recouvrir de beurre et de sucre.
- Enfournez 50 minutes environ, ou jusqu'à ce que les pommes soient tendres.
- La tarte est meilleure servie tiède, accompagnée d'un thé ou d'un verre de cidre.

Les précisions culinaires sont souvent issues du savoir faire des cuisiniers. Elles peuvent être le résultat d'observations, mais peuvent aussi être associées à des croyances. L'enjeu de cet Atelier est de vérifier la véracité d'une précision. On pourra encourager les enfants à s'interroger à chaque fois qu'ils utilisent une recette de cuisine : chaque geste est-il vraiment important ?

2. Chaque enfant découpe deux rondelles de pomme et en laisse une à l'air libre et arrose l'autre de jus de citron.
Après ½ h, les enfants observent et comparent leurs deux rondelles de pomme.

Il est conseillé de faire l'expérience avec des pommes Golden (jaunes), qui brunissent plus facilement. A l'inverse, il est préférable d'éviter les Granny Smith (pommes vertes et brillantes), qui brunissent beaucoup moins.

Pour des raisons de sécurité, les enfants procèdent au découpage avec des couteaux à bouts ronds de la cantine, mais il peut être intéressant que l'enseignant découpe une pomme avec un couteau bien affûté.

La rondelle de pomme placée à l'air libre brunit en quelques minutes. Ce brunissement n'est pas une simple oxydation : c'est une réaction « enzymatique », due à des enzymes présentes dans les cellules de pomme, les « polyphénoloxydases ». En présence d'oxygène, ces enzymes modifient les molécules de polyphénols qui sont également présentes dans les pommes. Normalement, dans ces pommes aux cellules intactes, enzymes et polyphénols sont dans des compartiments séparés, de sorte que la réaction de brunissement n'a pas lieu. Toutefois, quand on coupe les pommes, ou bien quand on les fait tomber, les cellules respectivement sur le passage de la lame du couteau ou sur la zone heurtée sont endommagées, et la réaction a lieu.

Évidemment, on ne pourra pas facilement expliquer cela aux enfants, et l'on détournera la séance vers la prévention du brunissement (ce qui est légitime puisque c'est la précision culinaire étudiée).

Les enfants observeront que le brunissement est plus net aux endroits où le couteau n'a pas coupé net. En effet, quand la découpe n'est pas nette, on augmente la surface de contact entre la pomme et l'air et l'on favorise donc le brunissement.

Le temps que mettent les pommes à noircir (entre 10 minutes et 2 heures) dépend, notamment, de la variété de pommes utilisée. Pour une meilleure organisation de la séance, il est conseillé de tester à l'avance les pommes avec lesquelles on va travailler.

Lorsqu'elle est arrosée de jus de citron, la pomme ne brunit pas. On s'interrogera sur la raison de ce résultat. En fait, le jus de citron bloque l'action oxydative des enzymes. C'est ce que l'on cherchera à explorer expérimentalement.

- 3. Les enfants se demandent ce qui, dans le jus de citron, évite le brunissement. L'enseignant place le jus de 3 citrons dans une casserole et le fait chauffer à feu doux. Il fait observer aux élèves la fumée blanche qui s'élève au-dessus de la casserole. Puis il fait placer par un élève un verre ou un bol en verre dans la fumée blanche qui s'échappe de la casserole. On observe de la buée qui se condense sur le verre ou le bol. On peut goûter la buée.*

Le chauffage du jus de citron provoque l'évaporation de l'eau contenue dans ce liquide (voir fiche sur le vert d'épinard ou sur la limonade). Il provoque également aussi la libération dans l'atmosphère de molécules responsables de l'odeur du jus de citron.

La buée recueillie ressemble à de l'eau : elle est transparente, et liquide. Si l'on goûte, on ne percevra généralement aucun goût, parce que les quantités de molécules à effet gustatif sont trop faibles.

On fera remarquer aux enfants que le volume du jus de citron diminue. Si on laisse refroidir ce qui reste dans la casserole et on obtiendra une solution plus concentrée que du jus de citron. Si l'on a pesé la quantité de jus chauffée et que l'on pèse ensuite le liquide qui reste dans la casserole, on peut estimer la quantité d'eau évaporée.

Si on prolonge l'évaporation de l'eau, on obtient un résidu de masse très faible : les enfants concluent que le jus de citron est en grande partie constitué d'eau.

4. *L'enseignant indique alors que le jus de citron est composé d'eau, de sucre, d'acide ascorbique, d'acide citrique et de composés qui donnent l'odeur. On goûte des échantillons de chaque.*

L'analyse chimique d'un mélange (ici, le jus de citron) permet d'identifier quels composés sont présents. Initialement, la méthode consistait, comme on l'a fait pour l'eau, à séparer les éléments les uns après les autres. Cependant, cette méthode fait appel à des techniques pas évidentes à mettre en place dans le cadre d'une classe de cycle 3. Aussi, devra-t-on éviter de s'engager sur cette voie.

L'enseignant pourra alors simplement dire aux enfants que le jus de citron est majoritairement composé d'eau, d'acide citrique, d'acide ascorbique. Dans 100 grammes de jus de citron, on trouve :

Eau	91 grammes
Acide ascorbique	53 mg
Acide citrique	4500 mg

L'acide citrique est responsable du goût acide du citron, tandis que l'acide ascorbique (qui est la vitamine C) est présent en concentration bien inférieure.

On pourra aussi remarquer que citron et acide citrique ont la même racine latine *citrus*.

Enfin, on pourra profiter de cette étape pour faire la différence entre saveur et odeur. : on pourra goûter du jus de citron, mais aussi de l'eau, du sucre, en se bouchant le nez, puis en cessant de le boucher en cours de dégustation. Le nez bouché, on perçoit seulement la saveur, parce que les molécules odorantes ne remontent plus par les fosses « rétronasales », à l'arrière de la bouche.

Notons que l'expérience est bien plus probante à l'aide d'une petite pompe d'aquarium que l'on utilise pour pomper de l'air, conduit par un tuyau en plastique jusque dans les narines (on utilisera de la pâte à modeler pour boucher le nez à l'exception de l'arrivée du tuyau. Ainsi, un léger courant d'air sera soufflé dans le nez, ce qui bloquera toute remontée de molécules odorantes. Si l'on dispose d'un peu de temps, on pourra alors goûter la saveur de produits variés : chocolat, jus d'orange, sel, huile de conserve de sardines, fromage fort (roquefort, munster, camembert...).

5. *Afin de savoir quel composé du citron est actif contre le brunissement, les enfants se répartissent en groupe. Chaque groupe découpe deux rondelles de pomme, laisse l'une à l'air libre et arrose l'autre d'eau pure, ou bien d'eau sucrée, ou bien d'une solution d'acide citrique ou enfin d'une solution d'acide ascorbique. Les enfants comparent le brunissement de leurs pommes et déterminent quel composant du jus de citron a empêché leur pomme de brunir.*

Les enfants pourront conduire les expérimentations de cette phase de manière autonome. L'idéal est que l'idée de tester chaque constituant du jus de citron vienne d'eux.

Les enfants peuvent se mettre par binôme, chaque constituant sera donc testé par plusieurs binômes.

La rondelle de pomme laissée à l'air libre, celles arrosées d'eau ou d'acide citrique brunissent. Ce ne sont donc pas ces composants du jus de citron qui sont responsables du non brunissement de la pomme.

La pomme arrosée d'acide ascorbique (ou vitamine C) ne brunit pas. Les enfants peuvent conclure que c'est probablement le constituant du jus de citron qui bloque le brunissement des pommes.

Effectivement, la vitamine C est un bon « antioxydant », qui empêche l'action de l'enzyme oxydative responsable du brunissement de la pomme. L'industrie l'utilise (code européen E 330) largement, ainsi que d'autres antioxydants (vitamine E dans les fruits secs, lycopène dans les tomates, fruits rouges, cacao...), qui sont recommandés par les nutritionnistes pour éviter l'oxydation des cellules de l'organisme.

6. *L'enseignant fait bouillir une solution d'acide ascorbique. Puis, quand elle est refroidie, les enfants testent son pouvoir antioxydant sur une rondelle de pomme. On observe que le brunissement n'est plus prévenu.*

Une fois chauffé, l'acide ascorbique perd ses propriétés antioxydantes. Il n'est plus capable de prévenir le brunissement des pommes. L'acide ascorbique est en effet très sensible à la chaleur et est détruit à partir de 60 °C.

Prolongements :

1. *Recherche d'aliments sont riches en vitamine C.*

Ayant observé que tous les fruits et légumes ne brunissent pas de la même façon, on peut chercher à les classer par ordre de teneur en vitamine C.

On commencera par observer que le jus de citron ne brunit pas notablement, pas plus que le jus d'orange.

Puis on observera que les pommes grany smith ont riches en vitamine C. Leur brunissement et donc ralenti ou inhibé par la présence de vitamine C. C'est pourquoi elles ne sont pas adaptées à cette expérience.

Puis on testera tout une gamme de végétaux : champignons de Paris, haricots verts, épinards, carottes...

2. *Recherche de la température d'inactivation de la vitamine C :*

Cette activité plus « avancée » tourne autour du mot « antioxydant », fréquemment présent dans les média et de la dégradation de la vitamine C par la chaleur.

On utilisera du permanganate de potassium, dont on dissoudra un cristal (noir) dans un verre d'eau : on obtiendra une solution violette. Puis l'enseignant versera ½ verre d'acide ascorbique dans un verre contenant le permanganate de potassium. Les enfants commentent ce qu'ils observent. L'enseignant fait ensuite chauffer de l'acide ascorbique jusqu'à 70 °C et en verse dans un autre verre contenant du permanganate de potassium.

L'acide ascorbique est un antioxydant, alors que le permanganate de potassium est un oxydant. Quand on mélange ces deux éléments à des concentrations équivalentes, on obtient une réaction dite d'oxydoréduction. La couleur violette caractéristique du permanganate disparaît. Sans entrer dans les détails du mécanisme, cette réaction chimique peut être vue comme un indicateur de ce qu'il se passe au niveau de la pomme.

L'acide ascorbique est actif quand il empêche la pomme de brunir ou quand il change la couleur du permanganate.

Si les enfants ont bien compris, on peut refaire l'étape 6 pour trouver la température à partir de laquelle l'acide ascorbique est détruit.