

DE L'INFORMATION EN CONTEXTE

POUR

UNE ÉTUDE CINÉTIQUE: LA CATALASE

Techniques

- mesure de la vitesse d'une réaction
- détermination de l'ordre à partir de graphiques
- tracé de graphiques

FS disponibles

- peroxyde d'hydrogène, H_2O_2
- iodure de potassium, KI
- la catalase

Principes

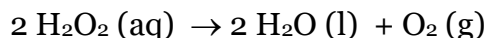
- vitesse initiale d'une réaction
- ordre d'une réaction
- énergie d'activation

Lectures approfondies recommandées

- Ch 2, 5, Hill, Petrucci, McCreary, Perry, Cantin, Chimie des Solutions 2^{ème} Ed., ERPI, 2008.

INTRODUCTION

Le métabolisme des matières grasses et des glucides dans le corps humain produit le peroxyde d'hydrogène, un sous-produit toxique. Un des effets nocifs du peroxyde d'hydrogène est le dommage effectué sur l'ADN et les membranes cellulaires, qui a comme effet de nous faire vieillir. Heureusement, l'enzyme la catalase présente dans nos cellules accélère la décomposition du peroxyde aux produits inoffensifs: H₂O et O₂.



L'activité de la catalase est particulièrement élevée dans le foie, les reins et les globules rouges. Le mécanisme de cette réaction qui est catalysé par la catalase n'est pas entièrement compris. La relation entre la vitesse de la réaction et la concentration de H₂O₂ peut être représentée comme suit:

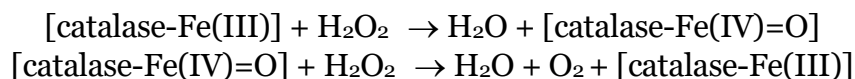
$$\text{Vitesse} = k [\text{H}_2\text{O}_2]^x [\text{catalyseur}]^y$$

où k est la constant de vitesse, l'exposant, x, est l'ordre partiel par rapport à H₂O₂, et l'exposant, y, est l'ordre partiel par rapport au catalyseur.

Des choses à considérer avant de faire l'expérience:

1. Si vous essayez de trouver x, comment le ferez-vous?
2. Quels paramètres faut-il considérer? Comme expérimentaliste, quelles variables pouvez-vous contrôler?
3. Comment vous allez déterminer les valeurs que vous avez besoins?
4. Comment vous allez vérifier si les valeurs sont reproductibles?
5. Pourquoi un graphique est une bonne manière de déterminer ces valeurs?
6. Combien de valeurs avez-vous besoins (au minimum) pour avoir une étude valide?
7. Recherchez le matériel avec lequel vous travaillerez (H₂O₂, KI, la catalase). Quelles précautions/soins faut-il prendre en travaillant avec ce matériel au point de vu de a) la santé et sécurité b) la stabilité des réactifs?
8. Vous utiliserez la salade afin d'obtenir la catalase. Comment allez-vous obtenir la catalase de la salade?

La catalase est une protéine hématie. Le fer dans la catalase fonction comme un réactif oxydo-réductif. Le Fe(III) subit une oxydation réversible en fonctionnant comme un échangeur des électrons. Le mécanisme détaillé pour cette réaction n'est pas connu, mais un mécanisme en deux étapes a été proposé par des chercheurs (Mate et al., 2001; Walsh, 1979):



Les études cinétiques jouent un rôle important dans l'investigation des mécanismes des réactions. Un catalyseur offre une voie alternative avec une énergie d'activation moins

élevée, en augmentant la proportion des molécules possédant une énergie suffisante pour former les produits. Votre défi est de dessiner et de faire une investigation qui a comme but de comparer les énergies d'activation pour la décomposition du peroxyde d'hydrogène catalysé par la catalase et par l'iodure. A partir de ces énergies d'activation, vous pouvez déterminer si l'iodure ou la catalase est le catalyseur le plus efficace.

Des choses à considérer avant de faire l'expérience:

1. Est-ce que les conditions expérimentales pour la réaction entre la catalase et le peroxyde sont nécessairement pareilles à celles pour la réaction entre l'iodure et le peroxyde? Comment est-ce que vous pouvez déterminer les conditions à considérer?
2. Quelles variables faut-il considérer? Quelles variables faut-il varier? Combien de données avez-vous besoin (au minimum)?
3. Comment déterminez-vous les valeurs que vous avez besoin?
4. Comment vérifiez-vous si les valeurs sont reproductibles?
5. Pourquoi un graphique est une bonne manière de déterminer ces valeurs?
6. Combien de valeurs avez-vous besoins (au minimum) pour avoir une étude valide?
7. Recherchez le matériel avec lequel vous travaillerez (H_2O_2 , KI, la catalase). Quelles précautions/soins faut-il prendre en travaillant avec ce matériel au point de vu de a) la santé et sécurité b) la stabilité des réactifs?
8. Vous utiliserez la salade afin d'obtenir la catalase que vous avez besoins pour les deux parties. Est-ce que la concentration de la catalase doit être la même? Comment pouvez-vous déterminer cette information? Est-ce que la catalase va se garder pour le temps qu'il vous prend à faire l'expérience?
9. Combien de catalase avez-vous besoins?
10. Concernant vos réactifs, est-ce qu'il y a des précautions à prendre?

DE L'INFORMATION EN CONTEXTE

À quelle vitesse se déroulent les réactions chimiques ?

La vitesse des réactions chimiques varie énormément. Certaines sont très rapides, par exemple les explosions, alors que d'autres sont très lentes, comme la transformation du diamant en graphite à la température de la pièce. L'utilité d'une réaction dépend beaucoup de sa vitesse. Une réaction peut bien vous donner les produits voulus, mais s'il faut des années, cela ne sert pas à grand-chose ! La cinétique chimique est l'étude des facteurs qui régissent la vitesse des réactions et des mécanismes sous-jacents. L'un de ces facteurs est la concentration des réactifs. Cette expérience est conçue pour étudier comment une réaction chimique dépend de la concentration des réactifs. Cette caractéristique s'appelle **l'ordre de la réaction**.

Vitesse d'une réaction

La vitesse d'une réaction chimique est proportionnelle au produit des concentrations des réactifs, chacune élevée à une puissance. Cette puissance indique l'ordre de la réaction par rapport à chaque réactif. Par exemple, dans une réaction de la forme :



la **vitesse** est donné par :

$$\text{Vitesse} \propto [A]^n [B]^m \quad [2]$$

En remplaçant le signe de proportionnalité, on obtient l'équation :

$$\text{Vitesse} = k [A]^n [B]^m \quad [3]$$

où la constante de proportionnalité k s'appelle la **constante de vitesse**. La concentration des réactifs s'exprime en mol·L⁻¹ ou M.

La vitesse d'une réaction peut également être déterminée de manière graphique. Si l'on a une courbe de la concentration, ou d'une valeur qui reflète la concentration, en fonction du temps, on peut déterminer la **vitesse initiale** en prenant la pente de la tangente des quelques premiers points. Cette méthode est la méthode des vitesses initiales.

Ordre

Dans l'équation [3], chacun des deux exposants **n** et **m** représente l'**ordre partiel** de la réaction par rapport au réactif A et B, respectivement. Leur somme, **n + m**, est l'**ordre global** de la réaction. L'ordre d'une réaction **doit** être déterminé de manière expérimentale et ne peut pas être déduit de la simple stœchiométrie de la réaction. L'ordre de réactions simples est généralement 1 ou 2, mais plusieurs réactions qui semblent simples sont en réalité complexes, et leur ordre peut être fractionnaire ou négatif.

L'équation d'Arrhenius

La vitesse de la plupart des réactions augmente avec un accroissement de la température. Ce changement de vitesse se produit puisque l'augmentation de la température fait en sorte qu'une plus grande fraction des molécules possède une énergie cinétique élevée et, se sont ces molécules qui sont le plus susceptibles de réagir lors d'une collision. L'expression qui décrit la relation entre la constante de vitesse d'une réaction et la température nous vient d'*Arrhenius*, un chimiste Suédois, et porte le nom de l'*équation d'Arrhenius*. Cette équation prend la forme suivante:

$$k = A e^{-E_A / RT} \quad [4]$$

où E_A est l'énergie d'activation de la réaction qui s'exprime en kJ mol⁻¹, R est la constante des gaz parfaits et correspond à 8.314 kJ mol⁻¹, T est la température en Kelvin, e est la base naturel du logarithme et A est le facteur pré-exponentiel. L'équation d'Arrhenius peut

s'exprimer plus simplement en appliquant le logarithme naturel sur les deux côtés pour obtenir,

$$\ln k = \ln A - \frac{E_A}{RT} \quad [5]$$

Alternativement, l'équation pour k peut être combiné avec l'équation pour la vitesse en utilisant la méthode des vitesses initiales, où les concentrations initiales sont supposées de rester constantes. De cette manière, l'énergie d'activation peut s'exprimer en fonction de la vitesse initiale.

Énergie d'Activation

L'énergie d'activation, E_A , est l'énergie minimale nécessaire pour qu'une réaction est lieu. Les molécules qui n'acquièrent pas cette quantité d'énergie ne peuvent pas réagir. Sur le profil de l'énergie potentiel d'une réaction, l'énergie d'activation est représentée comme une barrière qui doit être surmontée par les réactifs pour que les produits soient formés.

L'énergie d'activation pour une réaction peut être déterminée expérimentalement en mesurant la constante de vitesse à différentes températures. Un graphique de $\ln K$ en fonction de T^{-1} produit une droite de pente $-E_A / R$; E_A peut donc être déterminée.

Mesures de sécurité

1. **Portez en tout temps des lunettes de sécurité ou des lunettes étanches.**
2. Faites attention de ne pas confondre les solutions. Vérifiez bien quel réactif vous mettez avant de préparer un mélange.
3. Notez TOUTES les données et les observations soigneusement dans votre cahier de laboratoire!

Procédure

Vous travaillerez avec votre équipe afin de préparer une procédure qui vous permet de:

1. Extraire la catalase à partir de la salade (AUCUN solvants organiques).
Choses à considérer:
 - a) Comment est-ce que vous allez extraire la catalase?
 - b) Combien avez-vous besoin? (Indice: commencez avec 10 mL de la catalase pour 2 mL du peroxyde et ensuite vous pouvez modifier les montants dépendamment du montant d'O₂ produit).
 - c) Comment la gardez-vous stable?
 - d) Si vous l'utilisez toute, pouvez-vous en faire d'autre? Est-ce que ceci aura un effet sur vos résultats?

-
2. Déterminez l'ordre partiel de la réaction par rapport au peroxyde **en utilisant la catalase comme catalyseur** dans l'équation de la vitesse.

Choses à considérer:

- Quelles variables avez-vous besoin afin de déterminer l'ordre partiel?
- Quelle(s) variable(s) sera (seront) dépendante(s)? Quelle(s) sera (seront) indépendante(s)?
- Comment vous les mesurerez?
- Combien de données avez-vous besoin?
- Comment distribuerez-vous les mesures parmi votre équipe?

3. Déterminez l'énergie d'activation pour **la décomposition du peroxyde d'hydrogène catalysée par la catalase**.

Choses à considérer:

- Quelles variables avez-vous besoins afin de déterminer l'énergie d'activation d'une réaction?
- Quelle(s) variable(s) sera (seront) dépendant(s)? Quelle(s) sera (seront) indépendant(s)?
- Comment est-ce que vous les mesurerez?
- Combien des données avez-vous besoins?
- Comment vous allez répartir la tâche de mesurer les données entre vous?

4. Déterminez l'énergie d'activation pour **la décomposition du peroxyde d'hydrogène catalysée par l'iodure**.

Choses à considérer:

- Quelles variables avez-vous besoin afin de déterminer l'énergie d'activation d'une réaction?
- Quelle(s) variable(s) sera (seront) dépendante(s)? Quelle(s) sera (seront) indépendante(s)?
- Comment vous les mesurerez?
- Combien de données avez-vous besoin?
- Comment vous allez répartir la tâche de mesurer les données entre vous?

Vous et votre équipe, vous travaillerez ensemble sur l'exercice préparatoire afin de déterminer les réponses correctes aux questions demandées.

Ensuite, utilisez l'information dans l'exercice préparatoire afin de déterminer la procédure qui vous permettra de recueillir les données nécessaires pour compléter l'expérience. Votre procédure doit répondre à toutes les questions posées ci-dessus et dans les critères d'évaluation qui suivent. Une fois que vous avez décidé votre procédure, évaluez la procédure (en équipe) selon les critères d'évaluation et la révisez au besoin. Une fois finalisée, apportez votre procédure à votre TA et votre TA l'évaluera. Si votre TA pense qu'il faut réviser votre procédure, elle sera retournée à vous avec des commentaires/suggestions qui vous aideront à améliorer la procédure jusqu'à ce qu'elle arrive à satisfaire complètement les critères.