



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Nutrition et Technologie Agroalimentaire

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie (D04)

Filière : Sciences alimentaires

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

M. Achour Mehdi

M. Andiche Youcef Esseddik

M. Chemssedinne Rachid salah eldine

Thème

Evaluation de l'extrait de cannelle sur l'altération oxydative des pommes pendant la conservation.

Soutenu publiquement le ,

Jury:

Président: M^{me} MEDJBER R.

Encadreur: M^{me} BENARABA R.

Co-encadreur: M^{me} BENGUIAR R.

Examineur: M. BENBEGUARA M.

Grade

MCA Faculté des SNV

MCA Faculté des SNV

MAA Faculté des SNV

MAA Faculté des SNV

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

Nous rendons grâce et louange à d'ALLAH qui nous a donné la patience, la santé, la force et la persévérance pour la réalisation de ce modeste ouvrage.

*Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements et nos vives reconnaissances à notre promotrice Madame **BENARABA R** d'avoir proposé et dirigé ce travail, nous la remercions infiniment pour ses conseils judicieux et son attention qu'elle a apporté pour la réalisation de ce mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont également à notre Co-encadreur Madame **Benguiar R**, pour son aide et ses conseils très précieux et pour nous avoir fait l'honneur d'être notre Co-promotrice.*

*Nous tenons à remercier profondément Madame **Medjber N**. pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury de notre soutenance.*

*Aussi, nous tenons à remercier profondément Madame **BENBEGUARA M** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous n'omettons pas de citer ici et de remercier Melle **ABDALLAH F**. Ingénieur au sein du laboratoire d'amélioration et de valorisation des productions animales locales de la faculté des sciences de la matière.*

Nos sincères remerciements sont adressés à nos professeurs qui tout au long de notre parcours universitaires, ont mené à bien leur tâche d'enseignants et qui ont pu transmettre aisément leurs connaissances, nous disons merci d'avoir implanté en nous cet amour et cette soif de la science et du savoir

Dédicaces

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma directrice de mémoire, Madame Benaraba Rachida Je la remercie de m' avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J' adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie aussi ma moitié sur cette terre ma maman chérie qui a toujours été là pour moi.

Enfin, je remercie mes amis qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d' une grande aide.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail

à mes chers parents qui m'ont doté d'une éducation digne;

A ma mère pour son affection, ses encouragements et ses sacrifices;

A mon père pour son soutien et la confiance qu'il m'a accordé.

L'amour qu'ils m'ont donné a fait de moi la personne que je suis

aujourd'hui.

*A la mémoire de ma chère grand-mère, ceci est ma profonde
gratitude pour son éternel amour, que ce travail soit le meilleur cadeau*

que je puisse lui offrir.

A mes frères et sœurs, cousins (es) et amis (es).

A ma grand-mère, mes oncles et mes tantes, que Dieu leur donne

une longue et heureuse vie.

*Et à mes collègues dans ce travail pour leur patience et
compréhension tout au long de ce projet..*

LISTE DES ABREVIATIONS

A.Asc	acide ascorbique
AG	Acide gallique
AlCl₃	Trichlorure d'aluminium
CE50	Concentration effectrice nécessaire pour réduire 50% la concentration initiale du ferricyanure de potassium
EAG	Equivalent en acide gallique
EC	Extrait de cannelle
ED	Eau distillée
EQ	Equivalent en quercétine
ES	Erreur standard
FeCl₃	Chlorure de fer
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
Hcl	Acide Chlorhydrique
K₃Fe(CN)₆	Ferricyanure de potassium.
K₂HPO₄	Phosphate de potassium dibasique
KH₂PO₄	Phosphate de potassium monobasique
Na₂CO₃	Carbonate de sodium
RFC	Réactif de Folin Ciocalteu
TCA	Acide Trichloracétique
Vit C	Vitamine C

LISTE DES FIGURES

- Figure n°1** : Diagramme récapitulatif de la démarche expérimentale.....**08**
- Figure n°02** : teneurs en polyphénol des pommes traitées par des différentes solutions, obtenues après 15 jours de conservation.....**16**
- Figure n°03** : teneurs en flavonoïde des pommes traitées par des différentes solutions, obtenues après 15 jours de conservation.....**17**
- Figure n° 03** : Pouvoir réducteur exprimé en CE50 ; des pommes traitées par les différentes solutions, obtenues après 15 jrs de conservation.....**18**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°01: Matériel et produits chimiques utilisés06

Tableau n°02 : Effet de l' 'extrait de cannelle ,acide ascorbique et l'eau distillée sur la conservation des pommes.....16

LISTE DES ANNEXES

- Annexe I** : Variété des pommes utilisées
- Annexe II** : Composition moyenne de pomme
- Annexe III** : La cannelle de Ceylan (*Cinnamomum verum*)
- Annexe IV** : Radicaux libres
- Annexe V** : Différents types altérations
- Annexe VI** : Préparation des tampons et des réactifs
- Annexe VII** : Aspect des cuves pour la mesure des échantillons liquides préparés après 15 j
de conservation
- Annexe VIII** : Courbes de la gamme d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques
(A) et flavonoïdes (B)

Annexe IX : Courbes de la gamme d'étalonnage pour l'évaluation de l'activité antioxydant

1. Courbes de régression linéaire utilisées dans l'évaluation de la CE50 par la méthode FRAP

Liste des Abréviations	<i>i</i>
Liste des figures	<i>ii</i>
Liste des tableaux	<i>iii</i>
Liste des annexes.....	<i>iv</i>
Introduction	v

SOMMAIRE

CHAPITRE I : Matériel et méthodes

I.1. Objectif du travail.....	05
I.2. Lieu et durée de travail	05
I.3. Matériel et produits chimiques.....	05
I.4. Matériel végétal.....	07
I.4.1. Origine et provenance du fruit.....	07
I.5. Procédure expérimentale	07
I.6. Traitement des pommes par les différentes solutions de conservation	09
I.6.1. Préparation des différentes solutions de conservation	09

I.6.1.1 .Préparation de la solution de l'extrait polyphénolique du thé vert	09
I.6.1. 2. Préparation de la solution d'acide ascorbique	10
I.7. Extraction des composés phénoliques des morceaux de pommes à différents temps et conditions de conservation	10
I.8. Analyses phytochimiques	11
I.8.1. Dosage des composés polyphénoliques	11
I.8.2. Dosage des flavonoïdes	12
I .9.Analyse des paramètres oxydatifs	13
I.9.1. Test de réduction de fer (FRAP).....	13

CHAPITRE II : Résultats et discussion

II.1. Evaluation des teneurs en composés phénoliques des pommes après 15 jrs de conservation à 4 C°	18
II.2. Evaluation des teneurs en flavonoïdes des pommes après 15 jrs de conservation à 4 C°	19
II.3. Evaluation du pouvoir réducteur des extraits issus des pommes après 15 jour de conservation à 4 c°	20

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Introduction

Introduction

L'augmentation exponentielle du nombre de la population mondiale et les changements climatiques ont provoqués un déséquilibre dans la chaîne alimentaire des êtres vivants. Alors que la santé humaine dépend d'une bonne alimentation saine, complète et riche en constituants nutritifs avec une valeur nutritionnelle bénéfique telles que les fibres, les caroténoïdes, les vitamines et les polyphénols (**pasportsanter.2016**). Parmi ces denrées alimentaires, la pomme (**malus domestica**) fait partie des fruits les plus riches en ces composés, la plus convoitée et la plus disponible dans nos marchés. La pomme est considérée comme une denrée alimentaire extrêmement fragile et périssable car elle est confrontée à plusieurs épreuves avant d'être consommée, comme le pourrissement, le dessèchement et les blessures dues à une des étapes du parcours agroalimentaire (récolte, transport ou stockage). L'ensemble de ces facteurs peuvent causer une altération oxydative des polyphénols ce qui provoque l'apparition de saveurs désagréables et de changement de couleur. Ces réactions sont en grande partie responsables d'altération du fruit et incitent les industries agroalimentaires à rechercher et à mettre au point des procédés de conservation permettant de garantir une qualité gustative, organoleptique et nutritive importante. Parmi les procédés qui assurent une protection des fruits contre l'oxydation est l'utilisation des antioxydants d'origine naturelle, ces derniers sont utilisés pour substituer les antioxydants de synthèse comme l'acide ascorbique (E300) et éviter ainsi tous risques et toutes conséquences néfastes sur la santé du consommateur. Récemment, le rôle des polyphénols dans la prolongation de la durée de conservation et à retarder l'oxydation, fait l'objet de très nombreuses études, ce rôle est souvent associé à leurs propriétés antioxydantes intrinsèques. L'écorce de cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*) épice ayant essentiellement une application culinaire très appréciée pour sa saveur parfumée, elle est également très riche en composés phénoliques antioxydants potentiellement bénéfiques pour la santé (**Anderson et al. ; 2004**). Et elle pourrait donc être un bon candidat dans les stratégies alternatives qui visent une conservation alimentaire basée sur la substitution des additifs alimentaires synthétiques. Cependant peu d'études, à ce jour, se sont intéressées à étudier l'effet des composés phénoliques de la cannelle sur la durée de conservation des fruits frais coupés. Dans cette optique l'objectif de cette présente étude s'intéresse à évaluer l'effet des composés phénoliques de la cannelle sur l'altération oxydative, durant la conservation, des pommes vertes fraîches. Elle consiste à étudier l'influence de ce traitement sur les paramètres phytochimiques, et le statut antioxydant du fruit évalué par le pouvoir réducteur total du fruit

Etude expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

1.1 Objectif du travail

L'objectif de la présente étude consiste à évaluer l'effet des composés phénoliques de la cannelle sur l'altération oxydative durant la conservation à 4°C des pommes vertes fraîches via la quantification des flavonoïdes et des polyphénols et l'évaluation du pouvoir réducteur total du fer du fruit frais avant et après la conservation.

1.2. Lieu et durée de travail

L'étude expérimentale a été réalisée sur une période qui s'étale du 12 Décembre 2019 au 09 Mars 2020. Elle a été effectuée au sein du laboratoires Amélioration et de Valorisation des Productions Animales locales Université Ibn Khaldoun . Tiaret

1.3. Matériel et produits chimiques

Le matériel ainsi que les produits chimiques utiliser au cours de cette étude sont illustrés dans le tableau n°01 :

Tableau n°01: Matériel et produits chimiques utilisés

Matériel et appareillage	Produits chimiques et réactifs
<ul style="list-style-type: none"> • Agitateur magnétique (ROTMAG) • Balance analytique (OHAUS) • Centrifugeuse (SIGMA) • Etuve (Heraeus) • Spectrophotomètre UV-Visible (OPTIZEN 1412V) • Vortex (Techno Kartell) • Bain marie (Memmert) 	<ul style="list-style-type: none"> • Acide Ascorbique ($C_6H_8O_6$; PM =176,128 g/mol) • Acide gallique ($C_7H_6O_5$; PM=170,12g/mol) • Acide trichloracétique (163,38g/mol) • Carbonate de sodium (Na_2CO_3;PM=106 g/mol) • Chlorure de fer III ($FeCl_3$; PM=162,2g/mol) • Ethanol pur • Ferricyanure de potassium, $K_3 [Fe^{+3}(CN)_6]$; PM= 329,26 g/mol • Méthanol pur • Phosphate de potassium dibasique (K_2HPO_4; PM= 228,23 g/mol). • Phosphate de potassium monobasique (KH_2PO_4; PM= 136,09 g/mol). • Quercétine ($C_{15}H_{10}O_7$; PM=302,236 g/mol) • Réactif de Folin-ciocalteau (PM=188,14g/mol, 2N) • Trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$; PM=133,34g/mol) • TCA : Acide trichloracétique

1.4. Matériel végétal

1.4.1. Origine et provenance du fruit

Le choix du fruit utilisé pour la réalisation de cette étude a été porté sur des pommes vertes fraîches, celles-ci ont été obtenues par voie commerciale au niveau de trois points de vente différents de la ville de Tiaret. Elles ont été triées selon leur forme, couleur et taille. Elles ne devaient contenir ni blessures, ni altérations ; 12 pommes de variété Golden delicious ont été sélectionnées. Cette variété a été choisie pour sa disponibilité au moment du commencement de l'étude (le mois de décembre 2019).

1.5. Procédure expérimentale

La procédure expérimentale regroupant les différentes étapes réalisées au cours de cette étude est illustrée dans la figure n°01.

Chapitre 1

Matériel Et Méthodes

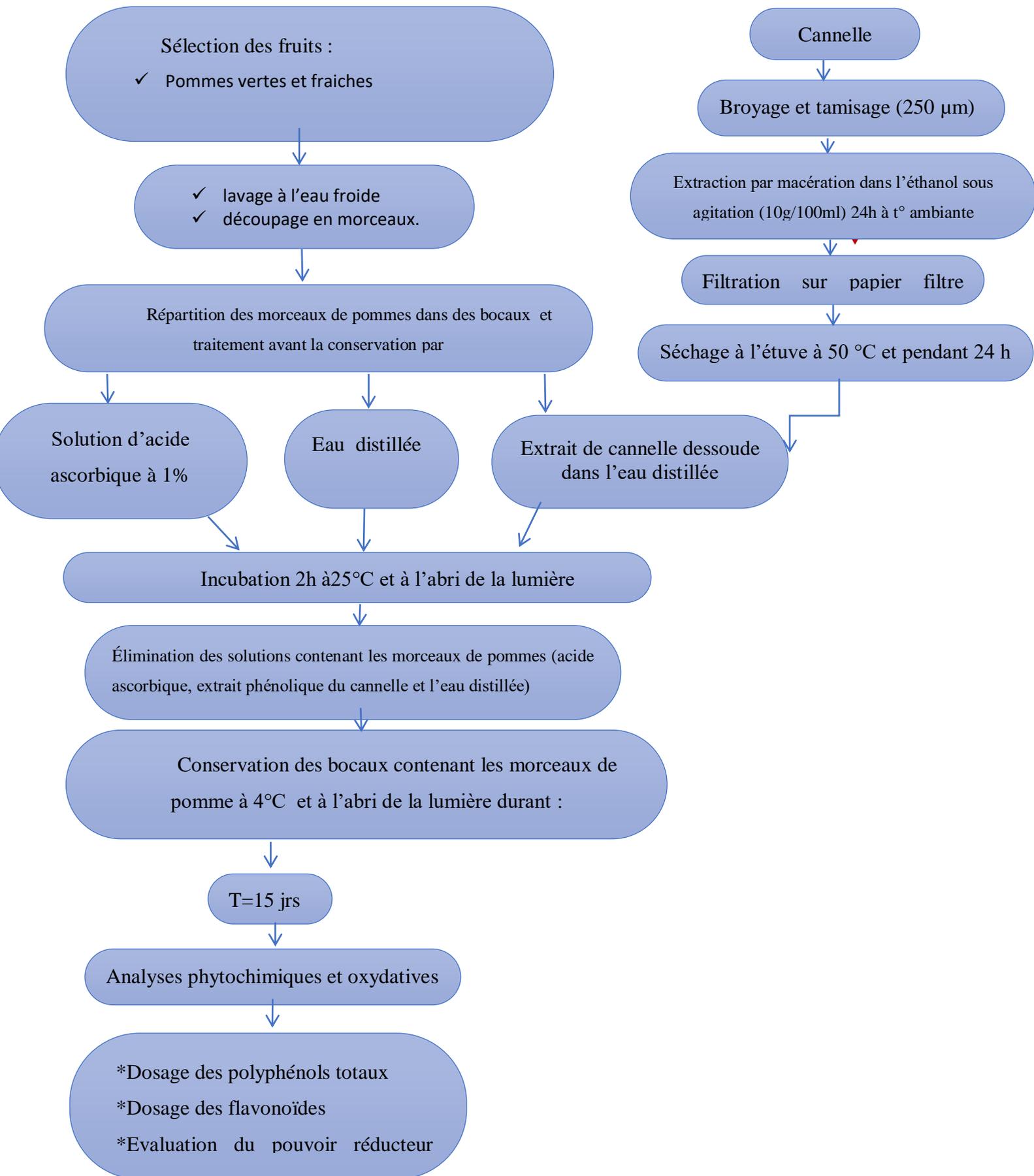


Figure n°01 : Diagramme récapitulatif de la démarche expérimentale

1.6. Traitement des pommes par les différentes solutions de conservation

Les pommes ont été soigneusement sélectionnées et nettoyées avec de l'eau froide puis séchées et couper en petit morceau similaire qu'on a répartie en égalité dans des bocaux en verre du même volume destinée à la conservation. Puis traiter par trois solutions de conservation différentes, à savoir : l'acide ascorbique à 1% (considéré comme le contrôle positif), solution d'extrait de cannelle à 1%, de l'eau distillées (contrôle négatif). Ces solutions ont été ajoutées aux bocaux contenant les morceaux de pommes, ces derniers ont été totalement immergés dans les différentes solutions, précédemment citées, pendant 2h à température ambiante et à l'abri de la lumière. Après 2 h de traitement, les solutions de conservation ont été éliminées et les bocaux contenant les morceaux de pommes ont été conservés à 4°C, à l'abri de la lumière durant 15 jrs. Une évaluation des paramètres phytochimiques et oxydatifs ont été effectuées à deux temps différents : au début (T0), après 15 jrs (T15) de la conservation et ce pour les différents traitements : à l'acide ascorbique, à l'extrait de cannelle et à l'eau distillées. On note que le traitement des pommes par les différentes solutions a été réalisé dans les mêmes conditions expérimentales.

1.6.1. Préparation des différentes solutions de conservation**1.6.1.1. Préparation de la solution de l'extrait polyphénolique de la cannelle**

La cannelle déjà séchée a été broyée dans un robot électronique et tamisées dans un tamis ayant un diamètre de 250 µm de manière à obtenir une poudre qui a servi à la réalisation de l'extraction.

La méthode d'extraction des composés polyphénoliques de la poudre de cannelle utilisée au cours de ce travail est décrite par **Anesini et al (2008)** , elle consiste à macérer 10 g de matière végétale sèche transformée en poudre (à l'aide d'un broyeur) dans 100 ml d'éthanol pur ou bien de l'eau distillée. Après une agitation de 24h à température ambiante et à l'abri de la lumière, une filtration a été faite sur un papier filtre d'un diamètre de 0,5 mm. Le filtrat obtenu a été débarrassé de son solvant à l'aide d'un rotavapeur (à 65°C), afin d'obtenir un extrait sec, 1 g de cet extrait a été préparé pour traiter les pommes lors de la conservation.

• Détermination du rendement d'extraction

Le poids de l'extrait sec a été calculé par la différence entre le poids de la boîte de Pétri en verre contenant l'extrait (après élimination du solvant) et le poids de la boîte de Pétri vide. Le rendement de l'extraction est exprimé en pourcentage. Il est calculé par la formule suivante :

$$R\% = (PF / PI) \times 100$$

Où :

R : Rendement en pourcentage (%).

PF : Poids de l'extrait sec en g

PI : Poids de la poudre mise à l'extraction en g.

Il est à noter que le rendement obtenu suite à cette extraction est de 9.36%

1.6.1. 2. Préparation de la solution d'acide ascorbique

01g d'acide ascorbique a été dissout dans 100 mL d'eau distillée, la solution a été ensuite utilisée ultérieurement dans le traitement des pommes pour leur conservation.

1.7. Extraction des composés phénoliques des morceaux de pommes à différents temps et conditions de conservation

05 g des morceaux de pommes issus des différentes solutions (l'acide ascorbique, l'extrait de cannelle, l'eau distillée et l'extrait de cannelle dissoute dans l'eau) et à différents temps de conservation (T0, T15) ont été traités avec 50mL d'un mélange de méthanol pur (49,5 ml) et de HCl à 37 % (1N) (0,5 ml), la mixture obtenue a été broyée à l'aide d'un mortier, puis laissée sous agitation pendant 30 min à l'abri de la lumière et à température ambiante. Cette étape a été suivie d'une filtration, le filtrat obtenu a été utilisé pour effectuer les différents dosages phytochimiques et oxydatifs, à noter les polyphénols, les flavonoïdes, le pouvoir réducteur total et la vitamine C (Chen et al., 2014).

I.8. Analyses phytochimiques

I.8.1. Dosage des composés polyphénoliques

Le dosage des composés phénoliques issus des pommes avant, durant et après la conservation, a été effectué spectrophotométriquement selon la méthode au Folin-ciocalteau décrite par **Singleton et al, (1999)**.

Principe :

Le réactif de Folin-ciocalteau de couleur jaune est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$).

Le principe de la méthode est basé sur l'oxydation des composés phénoliques en milieu alcalin par ce réactif, cette réaction entraîne la formation d'un nouveau complexe molybdène-tungstène de couleur bleu présentant un maximum d'absorption à une longueur d'onde $\lambda=760nm$ et dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de composés phénoliques présents dans l'échantillon, le dosage des composés phénoliques a été effectué par la comparaison de la densité optique observée à celle obtenue par un étalon : l'acide gallique de concentration connue.

Technique :

500 μL de l'extrait de pommes (préparé dans le solvant approprié avec les dilutions convenables) ont été ajoutés à 500 μL de réactif de Folin Ciocalteu (RFC) avec une concentration de 0,2 N, après une incubation de 10 min, 500 μL de Na_2CO_3 à 7,5 % ont été additionnés.

Le mélange ainsi obtenu a été incubé de nouveau pendant 30 min à une température ambiante et à l'abri de la lumière. L'absorbance a été ensuite mesurée au spectrophotomètre à 760 nm. Notons qu'une courbe d'étalonnage a été parallèlement réalisée, (**voir annexe VIII, figure N°06**) afin de quantifier le taux de polyphénols totaux dans nos extraits, cette courbe a été établie avec des concentrations précises d'acide gallique (80 ; 60 ; 40 ; 20 ; 10 ; $\mu g/ml$) utilisé comme standard de référence, ce dernier a subi les mêmes conditions expérimentales que l'échantillon. Les teneurs en composés phénoliques ont été exprimées en mg EQ AG/100g de P et calculées selon la formule suivante :

Avec :

$$C = (c \times D \times V) / m$$

C : Teneur en polyphénols totaux exprimée en mg EAG /100g de P.

c : Concentration de l'échantillon calculée.

D : Facteur de dilution.

V : Volume solution d'extraction utilisé (50 mL mélange méthanol et HCL)

m : Masse des morceaux de pommes utilisés pour l'extraction (5 g)

I.8.2. Dosage des flavonoïdes

L'estimation de la teneur en flavonoïdes totaux contenus dans les morceaux de pommes traités par les différentes solutions et à différents temps de conservation, a été réalisée par la méthode de **Bahorun et al., (1996)**.

Principe :

Le principe de cette méthode est basé sur la formation de complexes de couleur jaune entre les flavonoïdes et le trichlorure d'aluminium (AlCl₃). Ceci traduit le fait que le métal perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène du flavonoïde agissant comme donneur d'électrons. La couleur jaune présente une absorption maximale à 430 nm.

Technique :

1mL de l'extrait de pomme a été mélangé avec 1mL d'une solution de chlorure d'aluminium à 2% (préparée dans l'eau distillée). Le mélange a été incubé à température ambiante et à l'abri de lumière pendant 30 minutes, l'absorbance a été mesurée à 430 nm contre un blanc préparé. La quantification des flavonoïdes se fait en fonction d'une courbe d'étalonnage réalisée par un flavonoïde standard, (**voir annexe VIII, figure n°07**) la quercétine avec différentes concentrations (80 ; 60 ; 40 ; 20 ; 10 ; mg/mL). La teneur en flavonoïdes a été exprimée en mg équivalent quercétine par gramme de fruit (mg EQ Q/100g de P), et elle est calculée selon la formule suivante :

$$C = (c \times D \times V) / m$$

Avec :

C : Teneur en flavonoïdes exprimée en mg EQ Q/100 g de P.

c : Concentration de l'échantillon calculée.

D : Facteur de dilution.

V : Volume solution d'extraction utilisé (50 ml mélange méthanol et HCl)

m : Masse des morceaux de pommes utilisés pour l'extraction (5 g)

1.9. Analyse des paramètres oxydatifs

Dans cette étude, la mise en évidence d'une éventuelle altération de l'activité antioxydante de l'extrait de pomme issu des différents traitements lors de la conservation à 4°C, a été réalisée par les techniques chimiques à savoir : la réduction du fer ; *Ferric Reducing Antioxydant Power* (FRAP).

1.9.1. Test de réduction de fer (FRAP)

Principe :

Cette technique permet de mesurer la capacité d'un extrait de réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) présent dans le ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ en ferrocyanure de potassium (Fe^{2+}) (Oyaizu, 1986).

Technique :

Le pouvoir réducteur du fer Fe^{3+} de l'extrait de pommes a été déterminé selon la méthode décrite par Oyaizu (1986). 500 μ L l'extrait à différentes concentrations a été mélangé avec 500 μ L d'une solution de tampon phosphate 0,2M (pH=6,6) et 500 μ L d'une solution de Ferricyanure de potassium .L'ensemble a été incubé dans l'étuve à 50°C pendant 20 min ensuite, 500 μ L d'acide trichloracétique à 10% ont été ajoutés pour stopper la réaction. A partir du mélange réactionnel précédent un aliquote de 1 mL a été combiné avec 1 mL d'eau distillée et 500 μ L d'une solution aqueuse de $FeCl_3$ à 0,1%. L'absorbance du mélange réactionnel a été lue à 700 nm contre un blanc préparé de la même manière, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée.

Le contrôle positif est représenté par trois solutions d'antioxydant standard : l'acide gallique, la quercétine et l'acide ascorbique dont les absorbances ont été mesurées dans les mêmes conditions que les échantillons (voir annexe IX). Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés. Le potentiel réducteur

de l'extrait et des standards est exprimé par les valeurs de concentrations effectives à 50% (CE50).

La CE50 a été rapportée comme étant la quantité d'antioxydant requise pour réduire 50% la concentration initiale de ferricyanure de potassium. Tous les essais ont été effectués au moins trois fois et les graphiques ont été tracés en utilisant la moyenne de trois déterminations.

Chapitre *II*

Résultats et discussion

II.1. Evaluation des teneurs en composés phénoliques des pommes après 15 jrs de conservation à 4 C° :

Les teneurs en composés phénoliques des différents extraits issus des pommes conservées dans les différentes solutions (eau distillée, extrait de cannelle, acide ascorbique) sont illustrées dans la figure n°02.

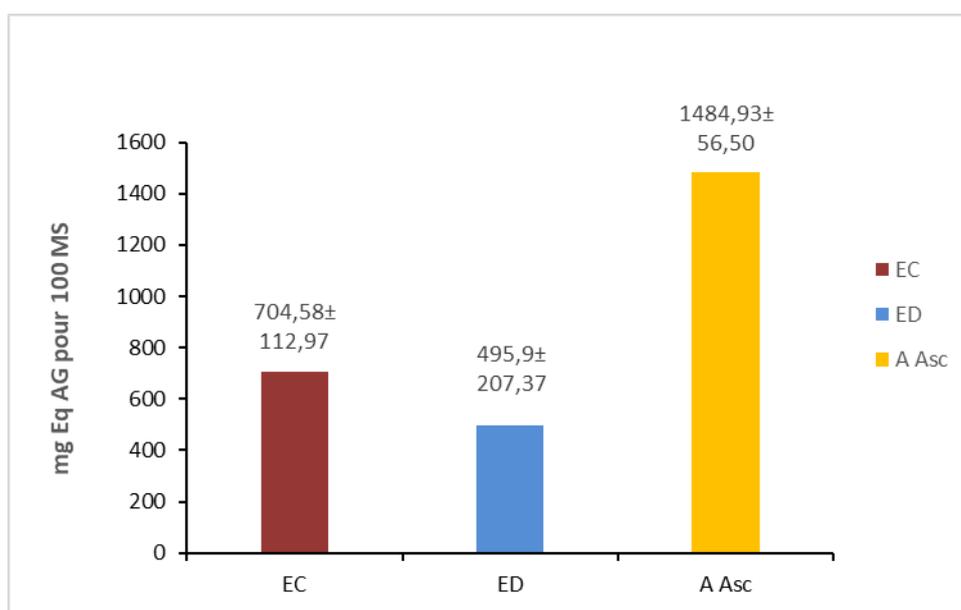


Figure n° 02 :Teneurs en polyphénols des pommes traitées par les différentes solutions, obtenues après 15 jrs de conservation.

(Les valeurs illustrées correspondent à la moyenne \pm écart type de trois essais indépendants)

Les résultats obtenus révèlent que la conservation des pommes dans une solution de 1% d'extrait cannelle durant 15 jrs, dévoilent une teneur en polyphénols, estimée à $704,58 \pm 207,37$ mg EQ AG /100 g de P et supérieure à celle des pomme traitées par l'eau distillée, évaluée à $495,95 \pm 59,85$ mg EQ AG /100 g de P, néanmoins ces teneurs demeurent inférieures à celui des pommes traitées par l'acide ascorbique, celles-ci présentent un taux de polyphénols enregistré à $1484.93 \pm 112,97$ mg EQ AG /100 g de P.

II.2. Evaluation des teneurs en flavonoïdes des pommes après 15 jrs de conservation à 4 C° :

Les résultats du dosage des taux flavonoïdes des extrais issus des morceaux de pommes traités par l'extrait issu de la cannelle, l'acide ascorbique ou l'eau distillée sont présentés dans la figure n°03

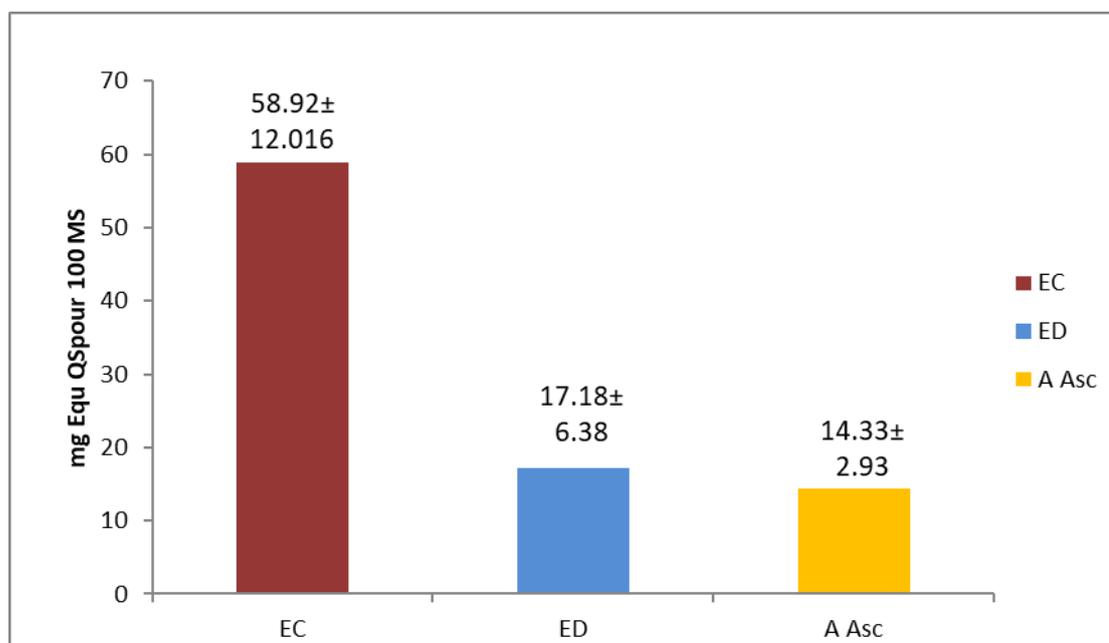


Figure n° 03 :Teneurs en flavonoïdes des pommes traitées par les différentes solutions, obtenues après 15 jrs de conservation

(Les valeurs illustrées correspondent à la moyenne \pm écart type de trois essais indépendants)

Ces résultats indiquent que les teneurs en flavonoïdes varient considérablement entre les trois conditions expérimentales utilisées (eau distillée, acide ascorbique ou l'extrait de cannelle) et ce après 15 jours de conservation. En effet une diminution des concentrations des flavonoïdes dans les morceaux de pommes traitées à l'eau distillée et à l'acide ascorbique en comparaison avec les teneurs des flavonoïdes des pommes traitées par l'extrait de cannelle a été constatée. On note $17,188 \pm 6,384$ mg EQ /100 g de P et $14,3301 \pm 2,94$ mg EQ /100 g de P versus $58,92 \pm 12,016$ mg EQ /100 g de P. Cette constatation peut être attribuée aux composés phénoliques de l'extrait de cannelle ajoutés aux pommes lors de la conservation. La cannelle est riche en composés antioxydants en particulier l'acide cinnamique et les flavonoïdes dont le rôle est la neutralisation des radicaux libres. Ce qui permet une meilleure conservation par le biais de l'inhibition de l'oxydation des flavonoïdes des pommes traitées par la cannelle.

II.3. Evaluation du pouvoir réducteur des extraits issus des pommes après 15 jour de conservation à 4 c°.

Les résultats concernant l'activité réductrice, évaluée par le test FRAP, des extraits issus des pommes traitées par différentes solutions de conservation sont indiqués dans la figure n°. Ils sont exprimés en concentration effectrice à 50% (CE50). La CE50 a été rapportée comme étant la quantité d'antioxydant requise pour réduire 50% la concentration initiale de ferricyanure de potassium.

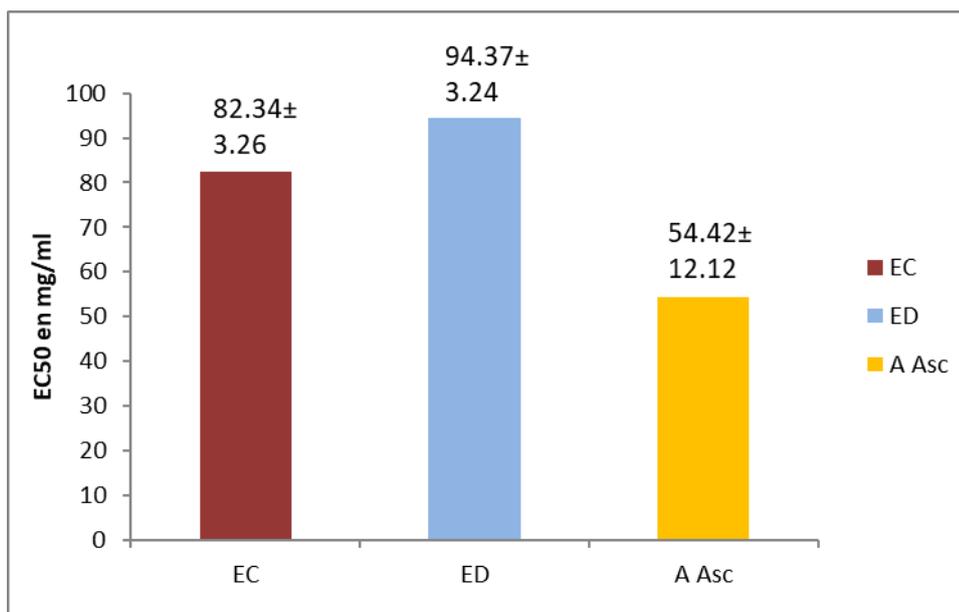


Figure n°04 : Pouvoir réducteur exprimé en CE50 des pommes traitées par les différentes solutions, obtenus après 15 jrs de conservation.

(Les valeurs illustrées correspondent à la moyenne ± écart type de trois essais)

Ces données indiquent que le traitement des pommes par 1% de l'extrait cannelle induit une augmentation de l'activité antioxydante évaluée à 12,74% en comparaison avec le traitement des pommes par l'eau distillée après 15 jrs de conservation. Il est à noter que l'extrait de la cannelle ralentit l'altération oxydative de manière différente à celle de l'acide ascorbique, car ces deux conditions de traitement aboutissent à l'obtention et à T15 jrs de conservation à des CE50 différentes, voir figure n°04. Il semblerait que l'extrait issu des pommes conservées dans de l'acide ascorbique présente l'activité réductrice la plus importante en comparaison à celle de l'extrait issu des pommes traitées par l'extrait de la cannelle. Ces résultats nous laissent suggérer que la capacité de protection contre l'oxydation du fruit observée avec l'extrait de la cannelle en la comparant à celle constatée avec le fruit conservé dans de l'eau distillée est liée à la quantité et la qualité des composés phénoliques de la cannelle. Aussi les polyphénols du

fruit traité par l'extrait de cannelle et l'acide ascorbique semblent être mieux protégés ce qui procure à ce dernier un pouvoir réducteur important en comparaison avec le fruit traité par l'eau distillée. Ceci va de pair avec l'étude de Chen et ses collaborateurs (2014), ces derniers suggèrent que le pouvoir antioxydant, reflété par la capacité de piéger le radical DPPH°, du lichi conservé dans thé vert à 1% est influencée par les teneurs en composés phénoliques totaux. Les auteurs expliquent que les polyphénols améliorent l'activité antioxydante par la réduction de la teneur en radicaux libres dans le fruit. Ils rajoutent que les propriétés antioxydantes et les teneurs en composés phénoliques sont très corrélés. La capacité antioxydante des extraits, est due à la contribution des composés phénoliques qui sont les antioxydants dominants dans ces extraits (**Wong et al., 2006**). Ces résultats concordent ceux rapportés par d'autres auteurs qui ont démontré une corrélation positive entre la teneur totale des composés phénoliques et l'activité antioxydante (**Wojdylo et al., 2007 ; Abdul Qadir et al., 2017**). La capacité antioxydante dépend non seulement de la teneur en composés phénoliques, mais aussi bien de la composition chimique et le nombre total des groupes hydroxyles (**Frankel et al., 1995**) qui peuvent servir comme donneur d'électron ; par conséquent, ces composés sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants (**Siddhuraju et Becker, 2007**). Très appréciée pour sa saveur parfumée, l'écorce de cannelle est également riche en antioxydants. Une vaste revue scientifique a classé la cannelle moulue au quatrième rang parmi les 50 aliments renfermant le plus d'antioxydants par portion de 100 g (**Halvorsen et al., 2006**) celle-ci est constituée des plusieurs molécules actives capables de jouer un rôle dans la conservation des aliments contre l'altération oxydative, parmi ces molécules on note l'aldéhyde cinnamique, l'acide cinnamique, le 2-Alkoxydihydrocinnamate, l'acide P-méthoxycinnamique (**Anderson et al., 2004**). Aussi, il est important de souligner que les polyphénols contribuent de manière significative à l'activité antioxydante totale de nombreux fruits. Le pouvoir antioxydant des composés tels les polyphénols est hautement recherché dans le domaine alimentaire afin de lutter contre la peroxydation et ainsi permettre une meilleure stabilisation des denrées alimentaires. Ces substances suscitent beaucoup d'intérêts dans domaine des industries agroalimentaires par leurs implications, en particulier, sur la flaveur des aliments et leur incidence sur la conservation des produits alimentaires. Ainsi, ils pourraient constituer une alternative à l'utilisation des additifs alimentaires synthétiques, buthylhydroxyanisol (BHA) et buthylhydroxytoluène (BHT), qui ont montré des effets nuisibles (effet carcinogène).

Conclusion

La pomme fait partie des fruits les plus disponibles dans nos marchés durant toutes les saisons. C'est l'un des fruits qui se consomme aussi bien cru que cuit et entre dans la préparation de plats sucrés comme salés. Sa richesse en pectine, vitamines et antioxydants, lui procure une capacité de stimuler le système immunitaire et de lutter contre l'apparition de certaines pathologies. Sauf que pour arriver au consommateur ce fruit est confronté à plusieurs risques d'altération, vu sa fragilité une majeure partie de sa valeur nutritive est perdue pendant le parcours agroalimentaire, ce qui nécessite le développement d'une procédure de conservation plus appropriée basée sur l'utilisation des substances naturelles tels que les polyphénols comme substitution aux additifs et aux conservateurs chimiques. Ce qui permettra d'assurer une conservation longue sans influence sur la valeur nutritionnelle et la santé humaine. L'objectif de cette étude s'inscrit dans ce cadre. Au cours de notre étude, la conservation de pommes dans une solution d'extrait de cannelle à 1% et durant 15 jrs, dévoilent une teneur en polyphénols, estimée à $704,58 \pm 207,37$ mg EQ AG /100 g de pomme, celle-ci est supérieure à la teneur des polyphénols des pommes traitées par l'eau distillée, elle est estimée à $495,9 \pm 56,50$ mg EQ AG /100 g de pomme. Néanmoins ces teneurs demeurent inférieures à celles des pommes traitées par l'acide ascorbique, ces dernières présentent un taux de polyphénols enregistré à $1484,93 \pm 112,97$ mg EQ AG /100 g de pomme. Parallèlement la teneur des flavonoïdes quantifiée dans les pommes conservées dans l'extrait de cannelle est supérieure à celle des pommes entretenues dans l'eau distillée et l'acide ascorbique. Aussi le traitement des pommes par l'extrait de cannelle induit une augmentation de l'activité antioxydante évaluée à $82,4 \pm 3,26$ mg/ml en comparaison avec la capacité antioxydante du fruit traité par l'eau distillée avec une CE50 de $94,37 \pm 3,248$ mg/ml et ce après 15 jrs de traitement. L'ensemble de ces données met en évidence la pertinence de l'utilisation de l'extrait de cannelle dans la conservation des pommes. Ce dernier semblerait conservé les taux des polyphénols et des flavonoïdes durant la conservation ce qui pourrait contribuer au maintien de la capacité antioxydante totale du fruit.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

A

Anderson, R.A., Broadhurst, C.L., Polansky, M.M., Schmidt, W.F., Khan, A., Flanagan, V. P., Schoene, N.W. and Graves, D.J. (2004). Isolation and characterization of polyphenol type-A polymers from cinnamon with insulin-like biological activity. *J Agric Food Chem* 52, 65-70.

Abdul Qadir Muhammad, Syeda Kiran Shahzadi, Asad Bashir, Adil Munir, and Shabnam Shahzad., (2017). Evaluation of Phenolic Compounds and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Some Common Herbs

B

Bahorun T., Grinier B., Trotin F., Brunet G., Pin T., Luncky M., Vasseur J., Cazin M., Cazin C., Pinkas M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-Forschung*. 46:1086-1089.

Benaraba R. (2007). Insulinorésistance et stress oxydant dans le syndrome métabolique : Etude expérimentale des effets protecteurs de micro-constituants nutritionnels (polyphénols du thé, de la cannelle et chrome III). Thèse de doctorat de l'université Joseph Fourier.

C

Carange J. (2010). Rôle antioxydant et anti-apoptotique des brassinostéroïdes, une nouvelle stratégie de neuroprotection .Thèse de doctorat. Université du Québec Trois-Rivières.

Claudia Anesini, Graciela E. Ferraro, and Rosana Filip (2008) Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Commercially Available Tea (*Camellia sinensis*) in Argentina.

Chen w., Zhang Z., Shen Y., Duan X., et Jiang Y. (2014). Effect of Tea Polyphenols on Lipid Peroxidation and Antioxidant Activity of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruit during Cold Storage. *Molecules* .19:16837-16850.

Références Bibliographiques

F

Frankel, J., E. Stein et S-J. Wei. (1995). “Trading Blocs and the Americas : The Natural, the Unnatural, and the Supernatural.” *Journal of Development Economics* 47(1) : 61-95

H

Haton C. (2005). Effets des rayonnements ionisants sur la structure et la fonction de la cellule épithéliale intestinale. Thèse de doctorat. Université de Paris VI.

Halvorsen, B.L., Carlsen, M.H., Phillips, K.M., Bohn, S.K., Holte, K., Jacobs, D.R. Jr. And Blomhoff, R. (2006). Content of redox-active compounds (ie, antioxidants) in foods consumed in the United States. *Am J Clin Nutr* 84, 95-135.

J

Jacota S. K ., et Dana H. M. (1982). A new calorimetric technique for estimation of vitamin C using folin phenol reagent. *Analytical Biochemistry*. 127: 178-182.

M

Macheix J.J., Fleurie A., and Sarni-Manchado P. (2005). Composés phénoliques dans la plante: structure, biosynthèse, répartition et rôles, in, *Les Polyphénols en Agroalimentaire*. Tecand Doc Edition. Paris. pp: 133-141.

P

passportsante ,2018. Fiche nutritionnelles pomme : la pomme. Consulter le 03/07/2020
https://www.passportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=pomme_nu

Références Bibliographiques

S

Siddhuraju et Becker, 2007 . Les activités antioxydantes et anti-radicalaires des extraits de graines de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Transformées. *Chimie alimentaire*, 101 (1), 10-19.

Singoleton V., Orthofer R., Lamuela- Raventos R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteau reagent. *Method of enzymology*. 299:152-178

Shan, B., Cai, Y.Z., Sun, M. and Corke, H. (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *J Agric Food Chem* 53, 7749-59.

W

Wojdylo Aneta., Jan Oszmiański, Renata Czemerys. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs.

Annexes

Annexe 1 : variété des pomme utilisées

La Golden Delicious est une pomme jaune très populaire dans le monde entier.

En 1890, en Virginie-Occidentale, un cultivateur a fait un croisement de Grimes Golden et Reinette dorée donna naissance à cette variété, d'abord nommée « Mullin's Yellow Seedling » et en 1914, on lui donna le nom de Golden Delicious. Parmi les cultivars dérivés de la Golden Delicious, la Lysgolden (ou « Goldenir ») a été obtenue par mutagénèse pour éviter le phénomène de rugosité.

Son arbre est légèrement dressé, modérément vigoureux et peu ramifié, ses fruits possèdent un calibre moyen, de forme similaire, et d'une couleur vert-jaunâtre.



Annexe II : Composition moyenne de pomme

composition moyenne d'une pomme (Aprifel, 2008).

Composition moyenne pour 100g de produit frais							
Composants	(g)	Minéraux	(mg)	Vitamines	(mg)	Apports énergétiques	
Glucides	12,6	Potassium	145,0	Vitamine C	5,0	KCalories	54,0
Protides	0,3	Phosphore	9,0	Provitamine A	$7,0 \times 10^{-2}$	KJoules	226,0
Lipides	0,3	Calcium	4,0	Vitamine B1	$3,0 \times 10^{-2}$		
Acides organiques	0,6	Magnésium	4,0	Vitamine B2	$2,0 \times 10^{-2}$		
Fibres alimentaires	2,1	Sodium	3,0	Vitamine B3	0,3		
Eau	84,3	Fer	0,2	Vitamine B5	0,1		
		Cuivre	$4,0 \times 10^{-2}$	Vitamine B6	$5,0 \times 10^{-2}$		
		Zinc	$9,0 \times 10^{-2}$	Vitamine B9	$1,2 \times 10^{-2}$		
		Manganèse	$3,0 \times 10^{-2}$	Vitamine E	0,5		

Annexe III : Cannelle de Ceylan



Figure n° 01 : la cannelle (poudre /bâtonné)

La cannelle de Ceylan (*Cinnamomum verum*) est l'une des épices les plus connues et les plus appréciées à travers le monde. En plus de ses usages culinaires, la cannelle fait également partie de la pharmacopée asiatique depuis plusieurs milliers d'années. Obtenue à partir de l'écorce du cannelier de Ceylan, elle est notamment préconisée en cas de digestion difficile. Elle comprend d'innombrables antioxydants, utiles pour lutter contre certains cancers et maladies cardio-vasculaires. Favorisant le transit intestinal, cette plante comporte aussi beaucoup de magnésium, de fer et de fibres alimentaires.

L'aldéhyde cinnamique : la cannelle est très riche en ce composé phénolique volatil au pouvoir antioxydant, avec une quantité pouvant dépasser 17000 mg par 100 g de matière sèche (Shan et al., 2005).

L'acide cinnamique est un composé Organique naturel qui se trouve dans de nombreuses épices (cannelle et clou de girofle), les canneberges, et les pruneaux, et fournit une protection naturelle contre les organismes pathogènes. (**Macheix J J.; Fleuriet A.; Jay-Allemand, C, 2005**)

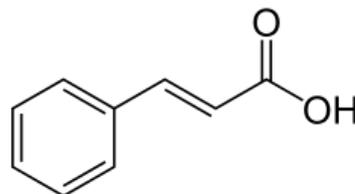


Figure n° 02 : structure de l'acide cinnamique

Annexe IV : Radicaux libres

1. Définition

Un radical libre est une espèce chimique qui possède un ou plusieurs électrons non appariés sur sa couche externe. La présence d'un électron non apparié confère à ces molécules une grande instabilité, c'est-à-dire qu'elles sont extrêmement réactives et que leur durée de vie est courte. (Carange, 2010). Les Radicaux libre sont très fortement impliqués dans l'oxydation et l'altération des aliments

Tableau N°01 : Principaux radicaux libres (Haton, 2005).

Oxygène singulet	$\mathbf{1O^2}$
Anion super oxyde	$\mathbf{O^{2\cdot-}}$
Radical hydroxyle	$\mathbf{\cdot OH}$
Radical hydroperoxyde	$\mathbf{HOO\cdot}$
Radical peroxyde	$\mathbf{ROO\cdot}$
Hydroperoxyde	\mathbf{ROOH}
Radical alkoxyde	$\mathbf{RO\cdot}$
Peroxyde d'hydrogene	$\mathbf{H_2O_2}$
Radical oxyde nitrique	$\mathbf{NO\cdot}$

Annexe V. Différents types altérations

Il existe en effet différents types

Altération physique : Chocs, blessures, changements d'état, variation de la teneur en eau, changement de couleur.

Altération chimique et biochimique : Oxydation (rancissement) Par les enzymes (brunissement enzymatique, lyses, destruction des vitamines et de certains nutriments)

Altération microbiologique : développement des microorganismes pathogène, fermentation production des toxines et des enzymes.

Annexe VI : Préparation des tampons et des réactifs

1. Préparation des réactifs

1.1. Le ferricyanure de potassium ($K_3[Fe(CN)_6]$) aussi connu comme prussiate rouge .

$K_3[Fe(CN)_6]$ 1 g
Eau distillée.....100 ml

1.2. Préparation de $FeCl_3$.

$FeCl_3$ 0.1g
Eau distillée100ml

1.3. Préparation d'acide trichloracétique TCA

TCA10g
Eau distillée100ml

2. Préparation du tampon phosphate PH 6.6 a 0.2M

45.6 g K_2HPO_4 100ml
27.2 g KH_2PO_4100ml

Mélanger 100 ml de KH_2PO_4 et 100 ml de K_2HPO_4 , la solution est ajustée à pH 6 ,6.

Conserver les deux solutions à 4 C° pendant la période de travaux

Annexe VII : Aspect des cuves pour la mesure des échantillons liquides préparés après 15 j de conservation .



Figure n° 03 : teste frappe extrait de cannelle a T15.



Figure n°04 : teste flavonoïde extrait de cannelle a T15.

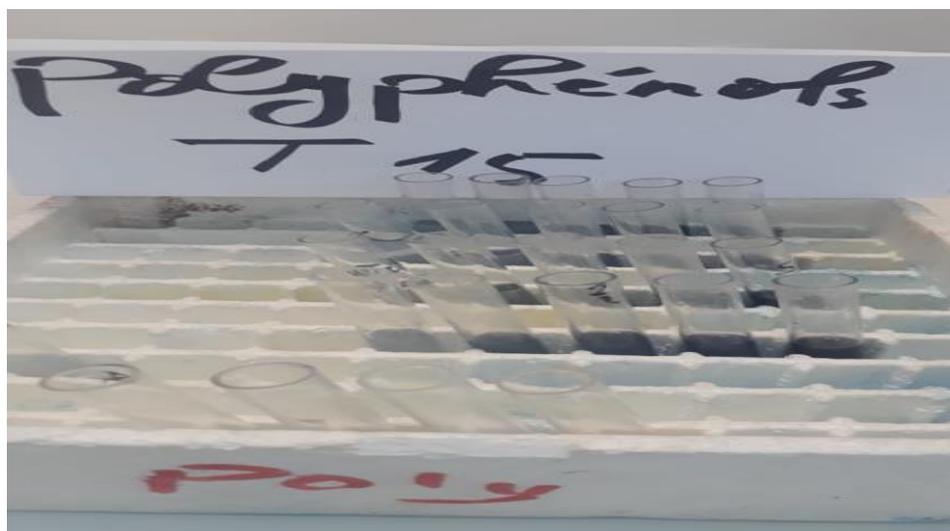


Figure n°05 : teste polyphénol extrait de cannelle a T15.

Annexe VIII : Courbes de la gamme d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques (AG) et flavonoïdes (QR)

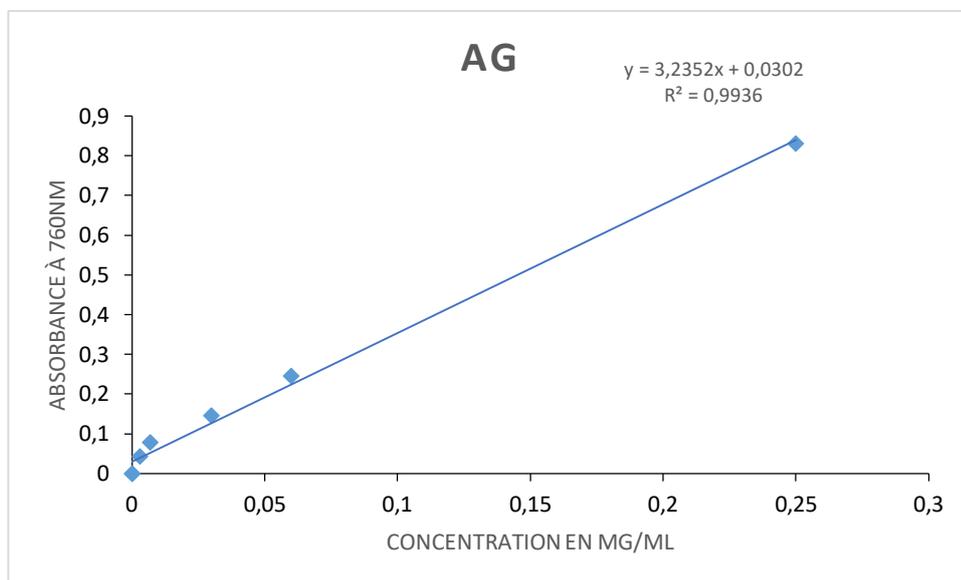


Figure N°06 : Courbe de gamme d'étalonnage de l'acide gallique.

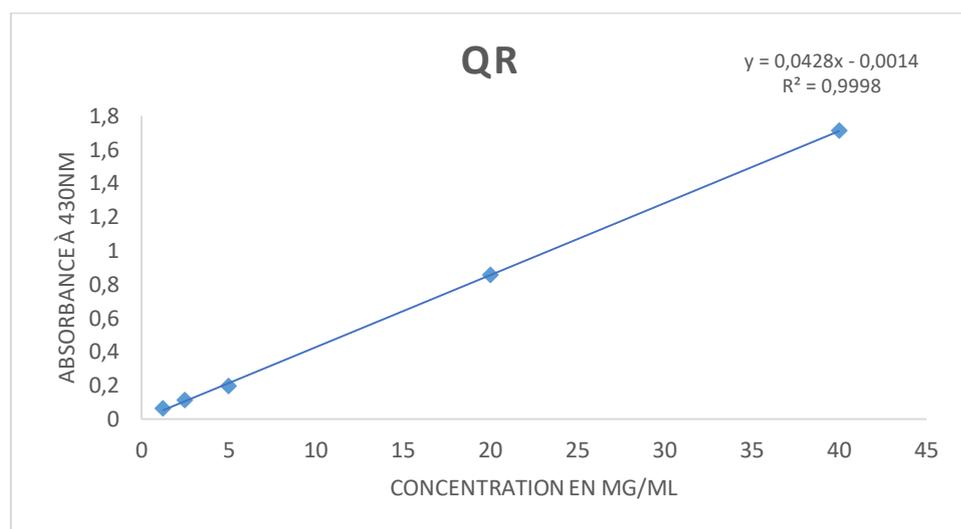


Figure N°07 : Courbe de gamme d'étalonnage de la quercétine.

Annexe IX. Courbes de la gamme d'étalonnage pour l'évaluation de l'activité antioxydant

1. Courbes de régression linéaire utilisées dans l'évaluation de la CE50 par la méthode FRAP

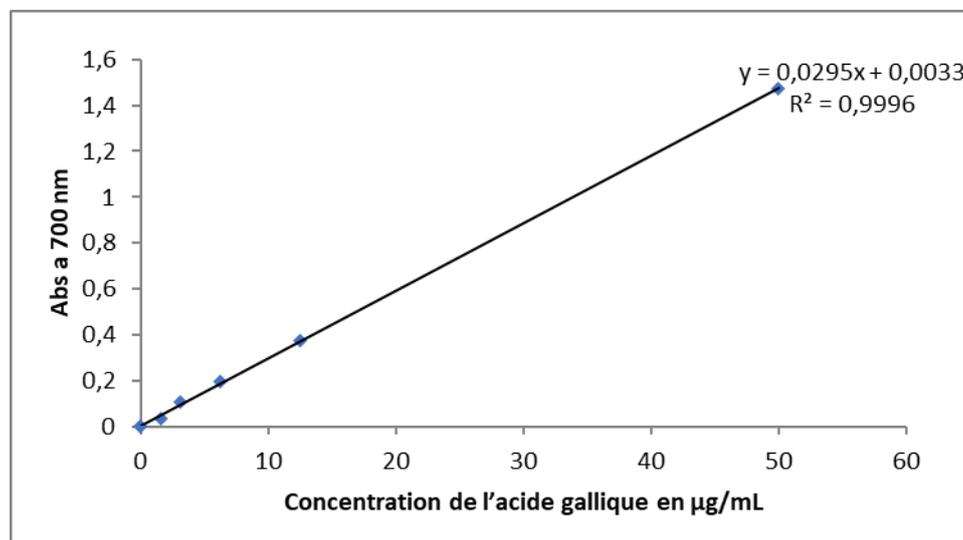


Figure N°08: Courbe de la régression linéaire utilisée dans l'évaluation de la CE50 de l'acide gallique

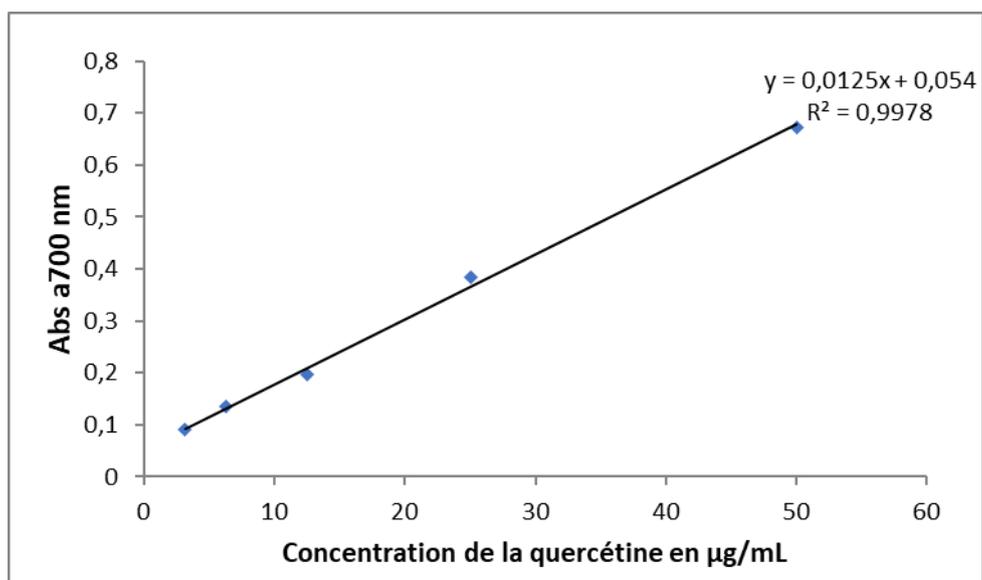


Figure N°09 : Courbes de la régression linéaire utilisée dans l'évaluation de la CE50 de quercétine

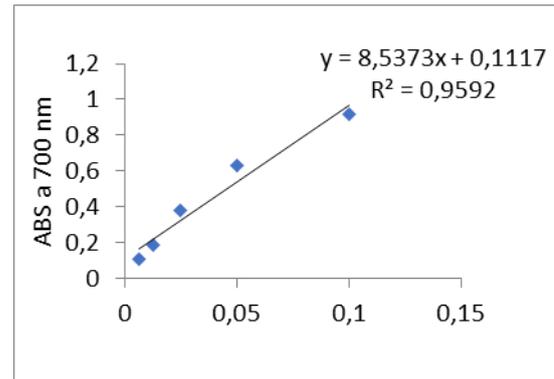
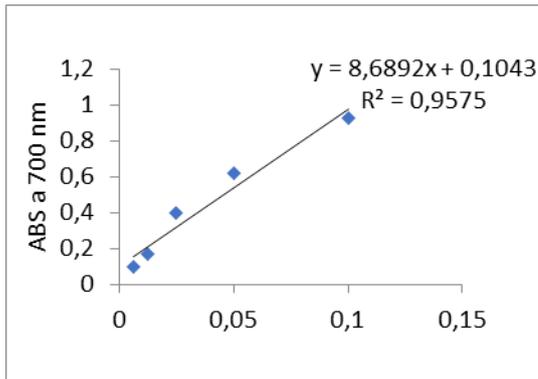


Figure n° 10 : courbe de la régression linière utilisées pour l'évaluation de la CE50 d'extract de cannelle + eau distillée a T0 exprimer en mg/ml

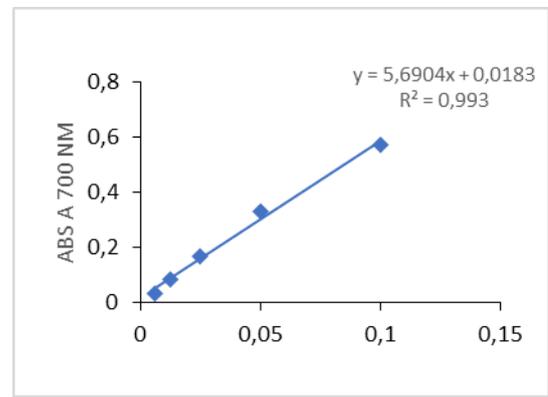
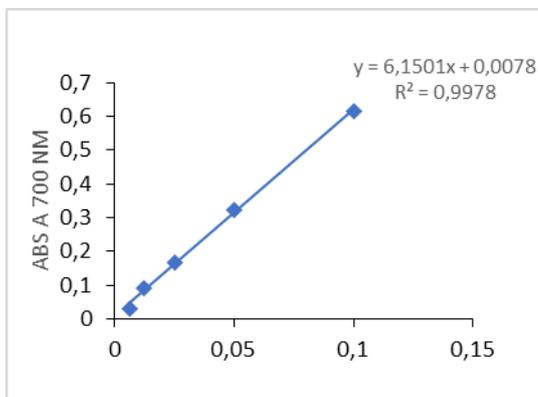


Figure n° 11 : courbe de la régression linière utilisées pour l'évaluation de la CE50 d'extract de cannelle + eau distillée a T15 exprimer en mg/ml

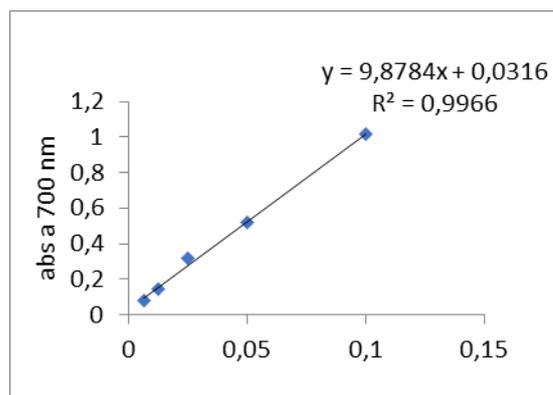
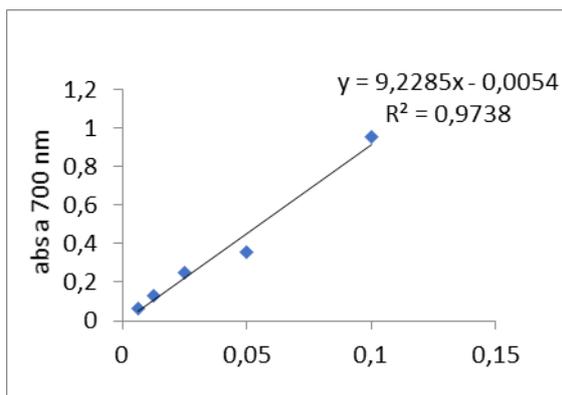


Figure n°12 : courbe de la régression linière utilisées pour l'évaluation de la CE50 d'eau distillée a T0 exprimer en mg/ml

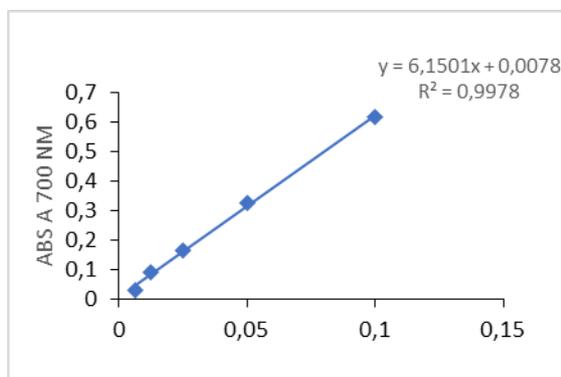
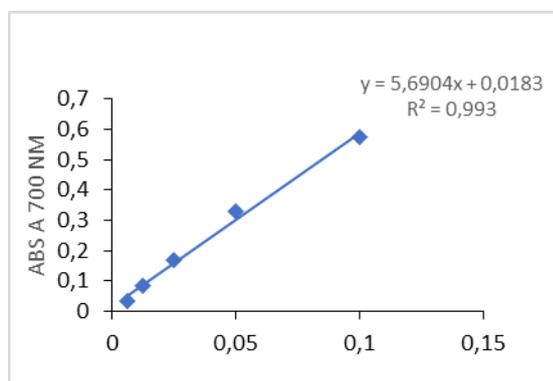


Figure n° 13 : courbe de la régression linière utilisées pour l'évaluation de la CE50 d'eau distillée a T15 exprimer en mg/ml

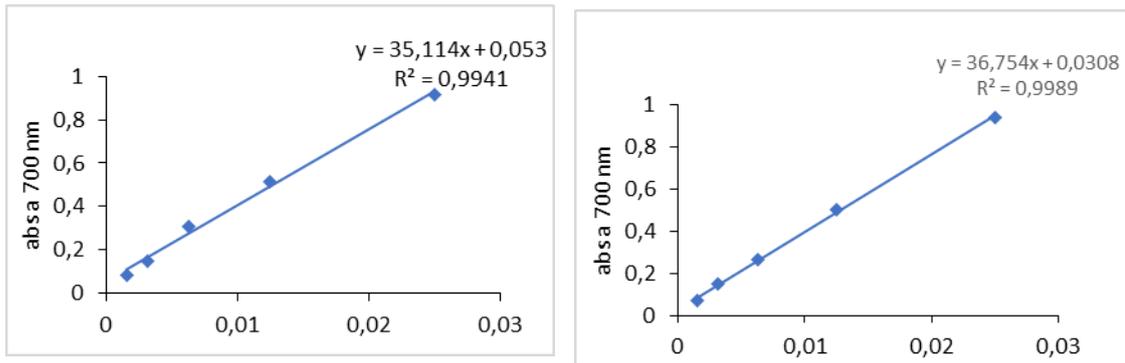


Figure n° 14 : courbe de la régression linière utilisées pour l'évaluation de la CE50 de l'acide ascorbique T0 exprimer en mg/ml

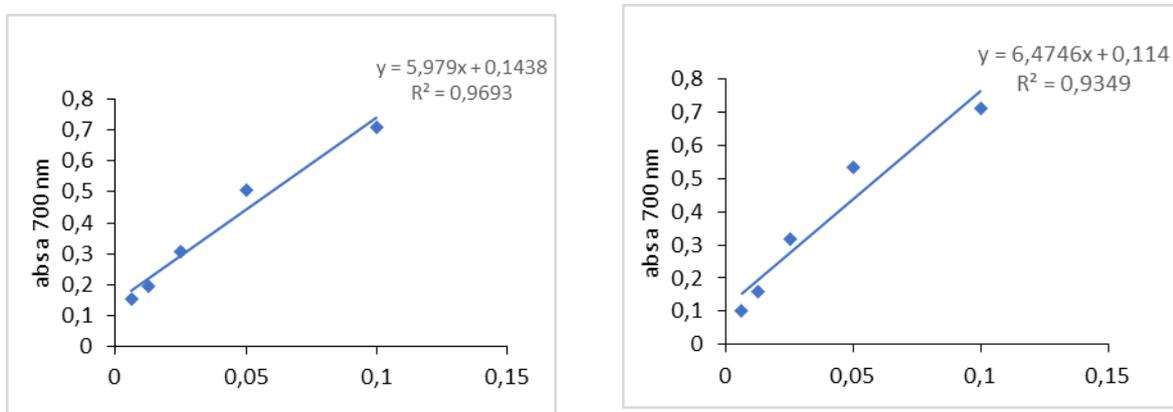


Figure n° 15 : courbe de la régression linière utilisées pour l'évaluation de la CE50 de l'acide ascorbique T0 exprimer en mg/ml

Résumé :

Après la cueillette, les fruits doivent être consommés dans les brefs délais vue qu'ils sont confrontés à une altération. Actuellement plusieurs études essayent de trouver un moyen pour mettre fin à cette altération par l'utilisation des produits naturels sans affecter les composés organoleptiques du fruit. Cette présente étude est basée sur l'évaluation de l'effet des composés phénoliques issus de l'écorce de cannelle sur l'altération de la capacité antioxydante des pommes vertes fraîches et ce durant une conservation de 15 jours à 4°C. les résultats obtenus révèlent que le traitement des pommes par 1% d'extrait de cannelle maintient les polyphénols et les flavonoïdes à un taux élevé et ce en comparaison avec le traitement du fruit à l'eau distillée (704,58 ± 207,37 mg EQ AG /100 g versus 495,9 ± 56,50 mg EQ AG /100 g de pomme pour les polyphénols et 58.92 ± 12.016 mg EQ quercétine /100 g de Pomme, versus 17.18 ± 6.38 mg EQ quercétine /100 g de Pomme pour les flavonoïdes). Parallèlement la conservation dans l'extrait de cannelle préparé à 1% induit une augmentation de l'activité antioxydante évaluée avec une CE50 de 82,4 ± 3,26 mg/ml en comparaison avec celle entretenue dans l'eau distillée, on note : une CE50 de 94,37 ± 3,248 mg/ml. Néanmoins, le pouvoir réducteur des pommes traitées par l'acide ascorbique demeure le plus puissant celui-ci est estimé à 54.42 ± 12.12

Mots clés : polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydante, conservation alimentaire, pouvoir réducteur totales, pomme verte (*Malus domestica*)

ملخص:

بعد قطف الثمار يجب أن تؤكل في أسرع وقت ممكن لأنها تواجه التلف. تحاول العديد من الدراسات حاليًا إيجاد طريقة لوضع حد لهذا التغيير باستخدام المنتجات الطبيعية دون التأثير على المركبات الحسية للفاكهة. تستند هذه الدراسة الحالية إلى تقييم تأثير المركبات الفينولية من قشر القرفة على تغيير قدرة مضادات الأكسدة للتفاح الأخضر الطازج ، أثناء التخزين لمدة 15 يومًا عند 4 درجات مئوية. أظهرت النتائج أن معالجة التفاح بمستخلص القرفة 1٪ يحافظ على البوليفينول والفلافونويدات بمستوى عالٍ مقارنة بمعالجة الفاكهة بالماء المقطر (704.58 ± 207.37 مجم). EQ AG / 100 جم مقابل 495.9 ± 56.50 مجم EQ AG / 100 جم من التفاح للبوليفينول و 58.92 ± 12.016 مجم EQ من الكيرسيتين / 100 جم من التفاح ، مقابل 17.18 ± 6.38 مجم من مكافئ كيرسيتين / 100 جم من التفاح بالنسبة لمركبات الفلافونويد). في الوقت نفسه ، يؤدي التخزين في خلاصة القرفة المحضرة بنسبة 1٪ إلى زيادة النشاط المضاد للأكسدة المقدر بـ EC50 تبلغ 82.4 ± 3.26 مجم / مل مقارنةً بتلك المحفوظة في الماء المقطر ، نلاحظ: CE50 من 94.37 ± 3.248 مجم / مل. ومع ذلك ، فإن القوة المختزلة للتفاح المعالج بحمض الأسكوربيك تظل الأقوى ، وتقدر بـ 54.42 ± 12.12.

الكلمات الدالة : البوليفينول ، الفلافونويد ، النشاط المضاد للأكسدة ، حفظ الطعام ، القوة المختزلة الكلية ، التفاح الأخضر