

**Popular Democratic Republic of  
Algeria**

**Ministry of High Education and  
Scientific Research**

**Abbes Laghrour University-  
Khenchela-**

**Natural and life sciences Faculty**

**Molecular and Cellular Biology Department**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
DE MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine : Sciences de la nature et de la vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biochimie Appliquée**

**Présenté par :**

**Djerad Safa**

**Goudjil Ramzi**

**Thème**

**Dosage de la vitamine C et des flavonoïdes dans différents types  
d'agrumes: Évaluation de l'impact des méthodes de stockage.**

**Mémoire soutenu publiquement le 19/06/ 2025 Devant le jury composé  
de :**

**Takouachet radhwane**

**Grade, Lieu d'exercice, Président  
Badis Zakaria**

**Grade, Lieu d'exercice, Encadreur  
Douaouia. L**

**Grade, Lieu d'exercice, Examineur**

**Année Universitaire 2024/2025**

## Remerciements

*En écrivant ces lignes, nous concluons plus de deux années de travail et d'efforts au sein de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, spécialité Biochimie, à l'Université Abbas Laghrour de Khenchela. Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans le soutien et l'accompagnement de plusieurs personnes à qui nous adressons toute notre gratitude, en particulier **\*\*Monsieur Zakaria BADIS\*\***, notre encadrant, dont l'empreinte a été présente à chaque étape de cette recherche.*

*Nous lui exprimons nos sincères remerciements pour son soutien constant, ses orientations scientifiques rigoureuses, sa patience et son engagement exemplaire dans le suivi de ce travail. Il nous a consacré beaucoup de son temps et de son énergie, et a toujours su nous guider avec professionnalisme et bienveillance. Nous lui sommes profondément reconnaissants, car ce travail n'aurait pu être accompli sans sa confiance et son accompagnement.*

*Nous tenons également à exprimer toute notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué à notre formation tout au long de notre parcours universitaire, qu'il s'agisse des enseignants, du personnel administratif ou de nos collègues.*

## *Dédicace*

*Nous dédions ce travail à :*

- Nos pères et nos chères mères, pour leur amour inconditionnel, leurs prières sincères et leurs sacrifices silencieux.*
- Nos frères et sœurs et nos camarades, pour leur affection, leur encouragement et leur présence bienveillante tout au long de ce parcours*

# Table des matières

Résumés	
Liste des figures	
Liste de tableaux	
Introduction	- 1 -
Partie bibliographique	
I. Agrumes	- 3 -
I.1. Historique	- 3 -
I.2. Anatomie des oranges et citrons	- 4 -
I.3. Description et classification botanique	- 4 -
I.3.1. Description botanique	- 4 -
I.3.2. Classification botanique	- 5 -
I.4. Production mondiale	- 5 -
II. Procédé de fabrication de jus	- 6 -
II.1. Triage et lavage	- 6 -
II.2. Extraction de jus	- 7 -
II.3. Raffinage et centrifugation	- 7 -
II.4. Conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera	- 8 -
II.5. Conditionnement	- 8 -
Partie expérimentale	
I. Matériel et méthodes	- 10 -
I.1. Préparation des échantillons	- 10 -
I.2. Détermination des paramètres physicochimique	- 11 -
I.2.1. Potentiel d'hydrogène	- 11 -
I.2.2. Degré de Brix	- 11 -
I.2.3. Acidité titrable	- 11 -
I.3. Préparation des extraits éthanoliques	- 11 -
I.4. Dosage des antioxydants	- 12 -
I.4.1. Polyphénols totaux	- 12 -
I.4.2. Caroténoïdes totaux	- 13 -
I.5. Evaluation du potentiel antioxydant	- 13 -
I.5.1. Pouvoir réducteur	- 13 -
I.5.2. Activité anti-radicalaire	- 14 -
I.6. Evaluation sensorielle	- 14 -
I.7. Analyse statistique	- 14 -
II. Résultats et discussion	- 15 -
II.1. Effet de la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera sur les paramètres physicochimiques	- 15 -
II.1.1. Potentiel d'hydrogène	- 15 -
II.2.2. Degré de Brix	- 15 -

II.2.3. Acidité titrable	- 16 -
II.2. Effet de la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera sur substance antioxydantes	- 17 -
II.2.1. Polyphénols totaux	- 17 -
II.2.2. Caroténoïdes totaux	- 18 -
II.2. Effet de la conservation sur l'activité antioxydantes	- 18 -
II.2.1. Pouvoir réducteur	- 19 -
II.2.2. Activité anti-radicalaire	- 19 -
II.3. Analyse sensorielle	- 20 -
Conclusion	- 22 -
Références bibliographiques	- 23 -
Annexes	- 27 -

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Coupe équatoriale d'une orange	. - 4 -
<b>Figure 2:</b> Coupe transversale de fruit de citron	. - 5 -
<b>Figure 3 :</b> Part des différents pays producteurs d'agrumes dans la production mondiale .....	- 6 -
<b>Figure 4 :</b> Etapes de préparation de jus d'agrumes .....	- 10 -
<b>Figure 5 :</b> Préparation des extraits éthanoïques .....	- 12 -
<b>Figure 6 :</b> Potentiel d'hydrogène des jus analysés .....	- 15 -
<b>Figure 7 :</b> Degré Brix des jus analysés.....	- 16 -
<b>Figure 8 :</b> Acidité titrable des jus analysés .....	- 16 -
<b>Figure 9 :</b> Teneurs en polyphénols totaux des jus analysés.....	- 17 -
<b>Figure 10 :</b> Teneurs en caroténoïdes totaux des jus analysés .....	- 18 -
<b>Figure 11:</b> Le pouvoir réducteur des jus analysés .....	- 19 -
<b>Figure 12:</b> L'activité anti-DPPH des jus analysés .....	- 20 -
<b>Figure 13 :</b> Scores de l'analyse sensorielle des jus analysés.....	- 21 -

## Liste des Tableaux

<b>Tableau I</b> : Description botanique des agrumes	. - 5 -
<b>Tableau II</b> : Classification botanique des agrumes .....	- 5 -

## Liste des abréviations

**AFNOR:** Association Française de Normalisation.

**C:** Celsius.

**cm:** Centimètre.

**CODEX STAN:** Codex Standard.

**DPPH:** 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

**g:** Gramme.

**L:** Litre.

**min:** Minute.

**ml:** Millilitre.

**mm:** millimètre.

**N:** Normalité.

**NaOH:** Hydroxyde de sodium.

**nm:** Nanomètre.

**pH :** Potentiel d'hydrogène

**ppds:** La plus petite différence significative

## Résumé

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'effet de la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloë vera sur le potentiel antioxydant et la qualité sensorielle. Pour ce faire, les paramètres physicochimiques (pH, degré brix et acidité titrable), les substances antioxydantes (polyphénols et caroténoïdes totaux) et l'activité antioxydante (pouvoir réducteur et activité anti-radicalaire) sont utilisés comme indicateurs afin de répondre à la problématique posée. Les résultats nous ont permis de conclure que cette conservation par cire d'abeille domestique et l'aloë vera ne provoque pas d'altération du jus ni du point de vue potentiel antioxydant ni de la qualité sensorielle.

**Mots clés :** Jus, température, cire d'abeille domestique, aloë vera, antioxydant, qualité sensorielle.

## Abstract

The aim of this study is to evaluate the effect of domestic pasteurization on antioxidant potential and sensory quality. For this purpose, physicochemical parameters (pH, brix and titratable acidity), antioxidant substances (polyphenols and total carotenoids) and antioxidant activity (reducing power and anti-radical activity) are used as indicator to answer the problematic. The results allowed us to conclude that this pasteurization does not induce any alteration of the juice from the point of view of antioxidant potential and sensory quality.

**Keywords:** Agrumes juice, temperature, pasteurization, antioxidant, sensory quality

## الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تأثير البسترة الداخلية على القدرة المضادة للأكسدة والجودة الحسية. لهذا الغرض، يتم استخدام المعلمات الفيزيائية الكيميائية (PH، Brix، والحموضة المعاييرة)، والمواد المضادة لأكسدة (البوليفينول والكاروتينات الكلية) والنشاط المضاد للأكسدة (تقليل الطاقة والنشاط المضاد للراديكالية) كمؤشر للإجابة على الإشكالية طلب منها ذلك. سمحت لنا النتائج بأن نستنتج أن هذا البسترة لا تحفز تغيير العصير من وجهة نظر القدرة المضادة للأكسدة والجودة الحسية.

**الكلمات المفتاحية:** عصير، درجة الحرارة، البسترة، مضادات الأكسدة، الجودة الحسية

# *Introduction*

Des molécules pro-oxydantes appelées radicaux libres ou espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont produites quotidiennement dans l'organisme. Ces dernières sont cependant contrôlées par les antioxydants. Un stress oxydatif survient lorsque l'équilibre est rompu en faveur des radicaux libres. Toutefois, une production excessive de ces molécules réactives ou une insuffisance des mécanismes antioxydants peut déséquilibrer la balance oxydant/antioxydant (Papazian et *al.* 2008 ; Christophe et *al.* 2011). Ce dernier est à l'origine de plusieurs maladies, telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer, le diabète...etc. (Aruoma, 2003). Pour échapper aux conséquences du stress oxydant, il est nécessaire de rétablir l'équilibre antioxydants/pro-oxydants par une consommation suffisante d'antioxydants (Ghedira, 2005).

Pour cela, un grand nombre de recherches a démontré que les polyphénols des agrumes présentent plusieurs applications thérapeutiques, les études épidémiologiques prouvent que la consommation d'agrumes ou de produits à base d'agrumes peuvent protéger la santé contre différentes maladies grâce à leur richesse en diverses molécules antioxydantes dont l'acide ascorbique, les caroténoïdes et les polyphénols (Kim et *al.* 2002). Suite à cette richesse, l'extraction des composés phénoliques à partir des agrumes a considérablement attiré l'intérêt scientifique pour les utiliser comme des antioxydants naturels et conservateurs, principalement dans les aliments mais aussi dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique (Ramful et *al.* 2010).

Le jus d'agrumes est l'un des produits les plus fabriqués par l'industrie agroalimentaire dans le monde entier et il est consommé en quantités relativement élevées dans de nombreux pays, en raison de son agréable goût et de sa teneur élevée en acide ascorbique.

Toutefois, le jus est peu stable lors de sa conservation et sa qualité peut devenir non acceptable. Il est soumis à un certain nombre de réactions de détérioration, y compris le changement de couleur, de texture, la dégradation de la vitamine C, la contamination microbienne, qui contribuent toutes à une perte significative de la qualité marchande aussi bien hygiénique (Djadi, 1987).

Les industriels de l'agroalimentaire doivent répondre aux préoccupations et aux exigences des consommateurs. Pour cela, ils cherchent à améliorer la qualité de la matière première tout en utilisant un procédé et un conditionnement qui préservent cette qualité, allant

Du procédé de fabrication jusqu'à l'évolution du produit au cours de son stockage (Berlinet, 2006).

Par conséquent, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloë vera sur la qualité nutritionnelle et sensorielle de jus d'agrumes.

Cette étude a été réalisée à l'Université Abbes Laghrour (Khenchela) au laboratoire de chimie.

Le présent mémoire est composé de deux parties. La première, étant une partie bibliographique, on y rapporte quelques généralités sur les agrumes ainsi que le procédé de fabrication de leur jus. Dans la deuxième partie, expérimentale, elle renferme le matériel et méthodes utilisés ainsi que les résultats engendrés et leur discussion. L'ensemble est terminé par une conclusion et quelques perspectives.

# **Partie bibliographique**

## **I. 1 Agrumes**

L'agrume est un agrume qui peut être appelé hesperidium. L'hesperidium diffère de fruits comme la tomate ou le raisin, car il possède une peau dure et solide qui protège la partie comestible du fruit (Davies et Albrigo, 1994). Elle fait partie du genre *citrus* de la famille des *Rutaceae*. Le genre *citrus* contient deux espèces d'agrumes. La première (*citrus sinensis* (L), 1765), correspond aux agrumes douces, la deuxième (*citrus aurantium* (L.), 1753) correspond aux agrumes amères (Kimball, 1999).

➤ **Les agrumes doux** (*Citrus Sinensis* (L), 1765), sont les plus consommées. Elles sont utilisées en fruit et certaines variétés servent à l'élaboration des jus. Parmi cette espèce, trois catégories principales sont communément dénombrées : agrumes navels, blondes, agrumes sanguines.

- **Les agrumes navels**, caractérisées par une excroissance « ombilic » ou « navel » en anglais dans leur partie inférieure et une quasi absence de pépins. Ces agrumes sont les plus consommés en fruits de bouche. D'après Saunt (1990), elles sont moins juteuses que la plupart des autres variétés et elles développent une certaine amertume lors du pressage ce qui peut les rendre impropres à une production de jus.
- **Les agrumes blonds**, dont la principale variété est la Valencia, première variété commerciale de tous les types d'agrumes. Celle-ci peut être rencontrée dans toutes les zones principales de production d'agrumes (Kimball, 1999). Les agrumes blonds développent beaucoup moins d'amertume que les agrumes navels lors de leur pressage. Elles sont donc principalement transformées en jus.
- **Les agrumes sanguines**, caractérisées par leur chair colorée due à des pigments rouges, des anthocyanes. Ceux-ci sont sensibles aux techniques d'extraction des jus et au stockage du jus, et leur dégradation peut donner une couleur brune indésirable au produit.

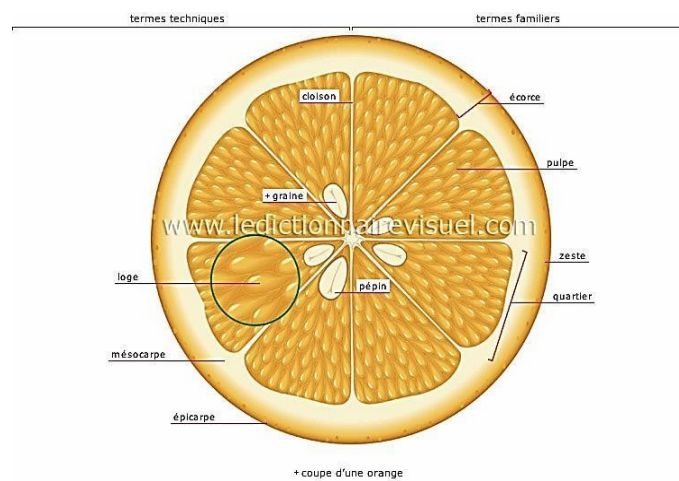
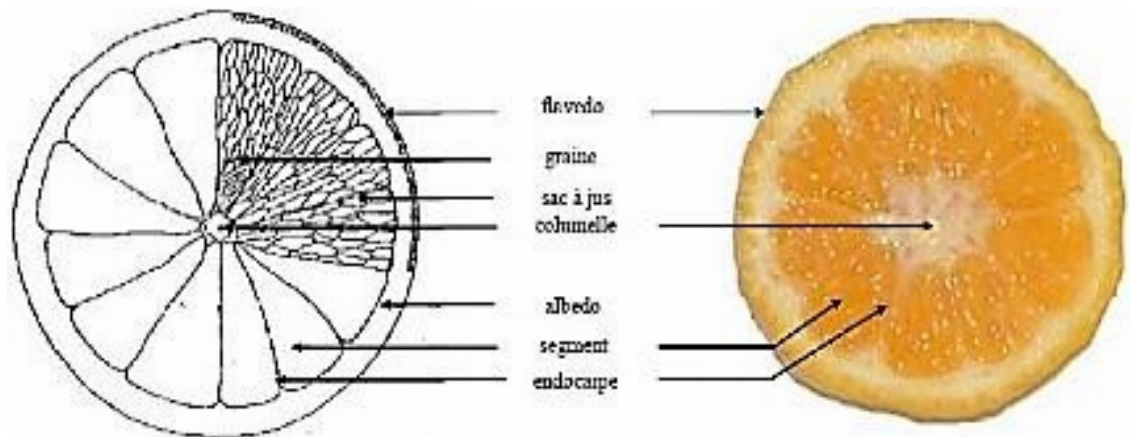
### **I.1.2 Historique**

La culture des agrumes est très ancienne, elle se confond avec l'histoire de la Chine d'où il est originaire. Au cours du premier millénaire avant notre ère, l'agrume se propage très vite à l'ensemble des pays du Sud-Est asiatique, puis arrive en Méditerranée au VII<sup>ème</sup> siècle. Les agrumes amères, encore appelées bigarades, arrivent en Europe à partir du X<sup>ème</sup> siècle, époque des croisades ; mais l'agrume doux telle que nous la connaissons ne fera son apparition qu'au cours du XV<sup>ème</sup> siècle lorsque des navigateurs portugais la découvrent en

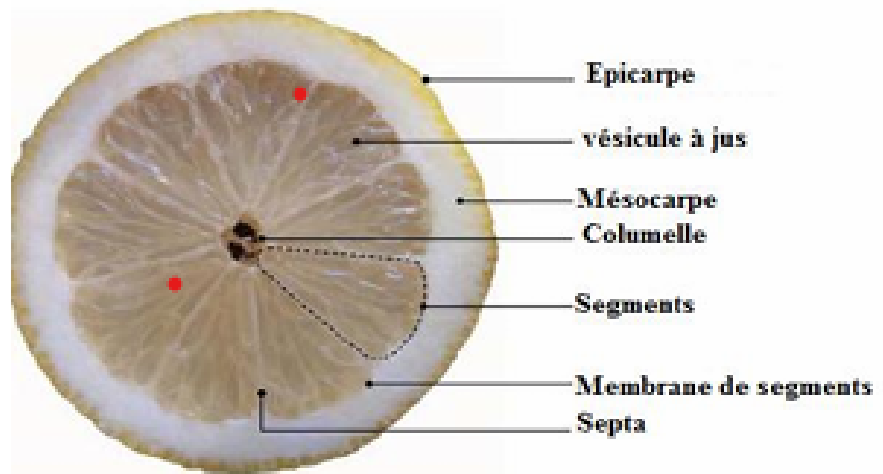
chine. Par sa douceur, elle évince très vite l'agrumes amère. Une fois implanté dans le bassin méditerranéen, l'agrumes est diffusé à travers le monde par les Européens, Amérique du Nord et du Sud au XVI<sup>ème</sup> siècle, Afrique du sud au XVII<sup>ème</sup> et Australie au XVIII<sup>ème</sup> (Webber et Herbert, 1967).

## I.2. Anatomie des agrumes

Les agrumes sont constitués d'une couche extérieure colorée, le flavédo, rappelant le mot « flaveur » car elle contient la glande à l'huiles essentielles et une couche intérieure blanche et spongieuse, l'albédo (ou mésocarpe), riche en pectines. Une partie comestible, l'endocarpe ou épiderme interne (Figure 1&2).



**Figure 1:** Coupe équatoriale d'une orange (Hut, 1991).



**Figure2:** Coupe transversale de fruit de citron (Eristanna et al, 2013)

### **I.3. Description et classification botanique**

#### **I.3.1. Description botanique**

L'agrumes est un petit arbre sempervirent, pouvant atteindre jusqu'à 10 mètres de hauteur avec des branches épineuses et des feuilles de 4 à 10 cm de long. Tous les fruits d'agrumes sont considérés comme des baies, parce qu'ils sont charnus, contiennent de nombreuses graines et dérivent d'un ovulaire unique. Le **tableau I** établit ci-dessous engendre les principaux caractères botaniques des agrumes.

**Tableau I** : Description botanique des agrumes (Bachès, 2011)

<b>Aspect</b>	Arbre au port harmonieux et de croissance rapide
<b>Taille</b>	Grande taille en pleine terre (7à8m)
<b>Fleur</b>	Blanches et immaculées, très parfumées
<b>Ecorce</b>	Grise, lisse ou à peine rêche.
<b>Feuilles</b>	Vert profond, légèrement ailées.
<b>Fruits</b>	De forme et de coloration variable en fonction des différents groupes auxquelles ils appartiennent.
<b>Pulpe</b>	Juteuse diffère en couleur et en acidité selon les variétés.

### **I.3.2. Classification botanique**

L'agrumes r (*Citrus sinensis*) appartient à la famille des rutacées selon le **tableau II**

**Tableau II** : Classification botanique des agrumes (Anonyme, 2008)

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Ordre</b>	Sapindales
<b>Famille</b>	Rutacées
<b>Sous famille</b>	Aurantoideae
<b>Tribu</b>	Citreae
<b>Sous-tribu</b>	Citrinae

### **I.4. Production mondiale**

Les plus grands producteurs d'agrumes sont le Brésil, les États-Unis, la Chine, le Mexique, Espagne, Grèce, Italie et le Maroc.

La production d'orange et de citron représente 63% de la production mondiale d'agrumes et 95% de la production brésilienne. Les États-Unis et le Brésil produisent à eux seuls 52% de la production mondiale (34% pour le Brésil et 18% pour les États-Unis) (FAO, 2001). La production mondiale d'agrumes n'est pas homogène et se distribue entre un nombre restreint de pays producteurs (**Figure 3**).

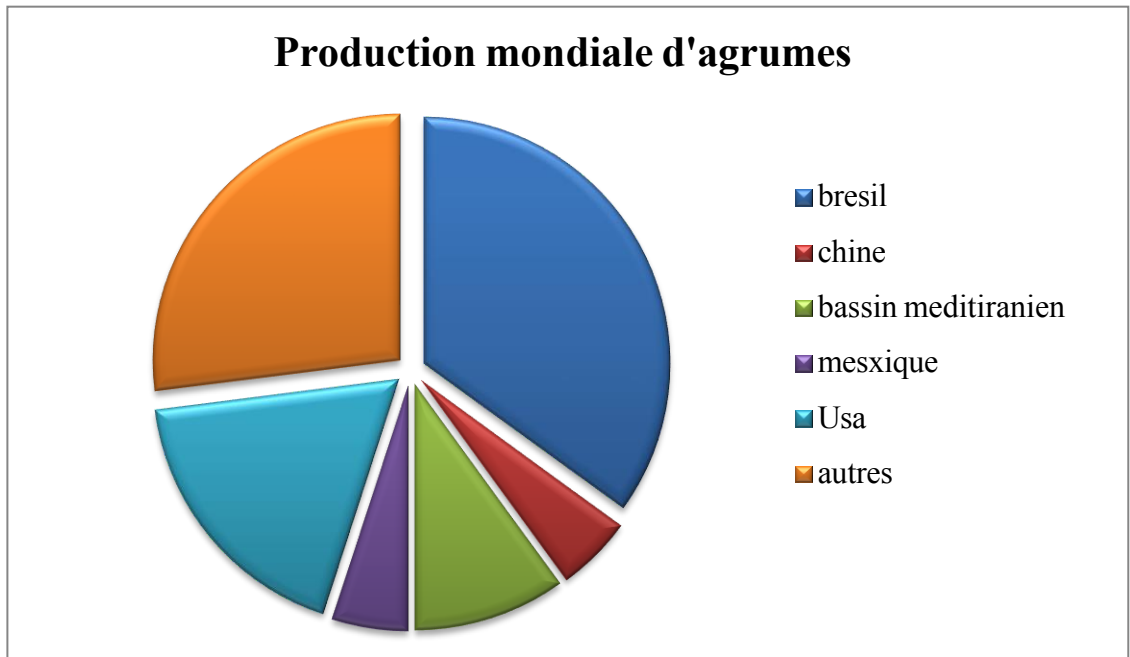


Figure 3 : Part des différents pays producteurs d'agrumes dans la production mondiale en 2000

## II. Procédé de fabrication de jus d'agrumes

Le jus d'agrumes est le liquide non concentré, non dilué et non fermenté obtenu par l'expression du fruit de *citrus sinensis* (Linnaeus) Osbeck. On entend également par 'jus d'agrumes ' le liquide obtenu, même partiellement à partir de jus d'agrumes concentré, conformément à la réglementation en vigueur, et commercialisé sous l'appellation 'jus d'agrumes à base de jus concentré.

L'industrie du jus d'agrumes comporte un grand nombre d'opérations qui peuvent se regrouper en trois filières : la production agricole, l'industrie d'extraction et de conditionnement et la filière de stockage, transport et commercialisation du jus conditionné.

### II.1. Triage et lavage des agrumes

Le fruit destiné à la production de jus seront propres et sans maturité excessive. Les agrumes sont sélectionnés à l'entrée de la ligne de pressage, on élimine les fruits abîmés et/ou hors normes. Ils sont ensuite automatiquement lavés et calibrés, de manière à correspondre à la taille des systèmes de pressage. Les opérations de broyage et de pressage se

Succéderont rapidement afin de limiter au maximum l'oxydation des fruits broyés (Anonyme, 2000).

## **II.2. Extraction de jus**

Les agrumes arrivent dans les usines de transformation dans des camions bennes : ils sont soit utilisés immédiatement soit déchargés dans des silos et stockés. Au moment de leur utilisation, après un passage sous des rampes d'aspersion d'eau, les agrumes sont triés, le plus souvent manuellement, et les fruits abîmés sont écartés. Deux technologies d'extraction de jus adaptées sont le plus souvent utilisées : l'extracteur Brown (Automatic Machinery and Electronics Co) et le procédé FMC (Food Machinery Corporation) (Baron, 2002).

Dans le procédé Brown, les agrumes sont coupés en deux puis pressés à l'aide de deux demi-sphères perforées, l'une concave et l'autre convexe. L'extracteur Brown effectue un « fraisage » de chaque partie du fruit.

Dans le procédé FMC, une coupelle supérieure descend et pousse le fruit sur le couteau circulaire inférieur. Les coupelles maintiennent le fruit. Les constituants intérieurs du fruit sont aspirés dans le tube tamis par le mouvement descendant du piston. Les particules trop grosses (pépins ...) sont éliminées par le centre, creux, du piston.

Le procédé FMC est le plus utilisé et son intérêt majeur est qu'il permet la récupération des huiles essentielles pendant le procédé d'extraction de jus (Baron, 2002).

La pression exercée par chacun des procédés dépend de la taille du fruit, et les extracteurs sont réglés pour exercer des pressions appropriées sur des agrumes préalablement triés en fonction de leur calibre.

## **II.3. Raffinage et centrifugation**

Le jus d'agrumes, après extraction, est très pulpeux et contient des morceaux de pépins et autres impuretés. Il passe alors par une étape de raffinage, appelée en anglais « finishing ». Ce terme désigne la séparation physique d'une partie de la pulpe et d'autres matériels fibreux du jus.

Les « finishers » ou modules de finition vont tamiser ce jus pulpeux et séparer les pulpes grossières et éléments non désirables. Felles *et al.* (1975) ont montré que l'élimination de ces pulpes grossières, contrairement à l'étape d'extraction n'avait pas d'influence sur la saveur des jus d'agrumes. Le jus peut alors ensuite être centrifugé pour affiner une teneur en pulpes fines entre 6 et 12 %, ce qui permet d'obtenir un jus dont la viscosité répond aux attentes des consommateurs (Braddock, 1999).

Enfin, avant le traitement thermique, le jus est chauffé à 50°C dans des échangeurs de

chaleur tubulaires, puis soumis à un procédé de désaération dans des tanks sous vide. Cette opération présente l'intérêt pour l'industriel d'éviter la formation de mousse ainsi que l'oxydation du produit. Le jus une fois dégazé ne doit pas être stocké plus d'une heure avant l'étape suivante de conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera.

## **II.4. Conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera**

Des étapes indispensables de stabilisation microbiologique a lieu sur le lieu de production, celle-ci doit se faire très rapidement après l'extraction. Excepté pour une petite quantité de jus consommé frais (pas de traitement thermique), la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera est le traitement thermique qui est le plus utilisé pour la conservation des jus de fruits. Cette conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera vise à tuer les micro-organismes, et à inactiver les enzymes (comme la pectine méthyl estérase (PME) ou la (polyphénol oxydase) pouvant altérer le produit ou le rendre impropre à la consommation humaine (Chen *et al.*, 1993). Elle est effectuée selon un barème temps-température qui peut varier mais qui généralement dure de 30 à 60 secondes. Pour le pur jus, la température est rapidement portée à 90-96°C dans des échangeurs de chaleur tubulaires puis elle descend en une trentaine de secondes jusqu'à une température de quelques degrés, c'est la « flash conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera ».

Les consommateurs devraient percevoir que les jus non conservés ou ceux légèrement chauffés ont de meilleurs arômes et saveurs que les jus ayant subi un traitement de chaleur plus poussé (Claveau, 2009).

## **II.5. Conditionnement**

Du fait des nombreuses étapes de transport, les usines de conditionnement effectuent une nouvelle étape de conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera du jus avant le conditionnement. Deux types de pur jus peuvent donc être distingués, les jus ayant été conditionnés sur place et qui n'ont subi qu'une étape de conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera et les jus conditionnés sur un autre site qui subissent deux traitements de conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera. Les deux procédés de conditionnement aujourd'hui utilisés chez le conditionneur après la flash-conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera sont le remplissage à chaud et le remplissage aseptique à froid.

Lors du remplissage à chaud, après la flash-conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera le jus est refroidi jusqu'à 82-85°C. Il est introduit immédiatement à cette

température dans les récipients, ceux-ci sont aussitôt fermés, retournés ou agités de sorte que le liquide chaud vienne au contact de toute la surface intérieure du récipient et l'aseptise.

Le remplissage aseptique à froid est une autre technique de remplissage qui consiste à refroidir le jus jusqu'à température ambiante (17-22°C) après la conservation-conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera et à remplir et fermer les récipients en conditions aseptiques. L'opération dure entre 20 et 30 minutes entre le remplissage le refroidissement. Les bouteilles ont au préalable été décontaminées par lavage avec une solution de peroxyde d'hydrogène ou d'acide peracétique puis rinçage à l'eau.

# **Partie expérimentale**

# *Matériel et Méthodes*

## **I. Matériel et méthodes**

### **I.1. Préparation des échantillons**

#### **-Choix du fruit :**

Dans le cadre de cette étude, le fruit sélectionné est l'orange douce (*Citrus sinensis*), appartenant à la famille des agrumes. Ce choix s'est justifié par plusieurs critères pratiques et économiques. Parmi les différentes variétés d'agrumes disponibles, l'orange se distingue par sa large disponibilité sur le marché local, notamment pendant la saison de récolte, et par son coût relativement bas par rapport à d'autres agrumes tels que le citron, la clémentine ou le pamplemousse. Ces caractéristiques en font un modèle idéal pour l'expérimentation, en particulier dans une perspective d'application à grande échelle ou de reproduction du procédé dans des conditions locales ou artisanales (**Figure 4**).

Pour le traitement de conservation du jus par ajout d'un cocktail naturel

#### **- Choix des méthodes de conservation :**

Afin de limiter le recours aux conservateurs chimiques classiques et de préserver la qualité organoleptique du produit fini, le choix s'est porté sur une méthode de conservation naturelle combinant le gel d'aloé vera et la cire d'abeille. Cette approche repose sur un principe de synergie entre un agent bioactif à action antimicrobienne (aloé vera) et une barrière physique hydrophobe (cire d'abeille). L'aloé vera est reconnu pour ses propriétés antioxydantes, antifongiques et antibactériennes, tandis que la cire d'abeille forme un film protecteur réduisant les échanges gazeux et limitant l'oxydation ainsi que la déshydratation.

Cette méthode a été privilégiée pour son caractère naturel, non toxique et biocompatible, répondant ainsi aux exigences croissantes de l'agroalimentaire en matière de sécurité sanitaire et de durabilité. De plus, elle constitue une alternative prometteuse aux traitements thermiques agressifs, souvent responsables de la dégradation des nutriments et des arômes du jus. Ce choix s'inscrit dans une démarche de valorisation de solutions écologiques et accessibles, notamment dans les contextes de production artisanale ou à petite échelle.

Ce cocktail a été incorporé dans le **jus d'orange filtré** à raison de **2 % du volume total** du jus, sous agitation continue afin d'assurer une dispersion uniforme. Le mélange a ensuite été soumis à une pasteurisation douce (bain-marie à 95 °C pendant 40 secondes), suivie d'un **refroidissement rapide dans de l'eau courante**. Le jus ainsi traité a été conditionné dans des bouteilles stériles et conservé au réfrigérateur ( $4 \pm 1$  °C) pour évaluation de la stabilité.

**Achat des agrumes**

**Triage st lavage**

**Découpage er pressage manuelle**

**Filtration**

**Jus frais**

**Bain marie a 95C°  
Pendant 40 s**

**Réfrigération rapide  
avec l'eau de  
robinet**

**Figure 4** : Etapes de préparation de jus d'agrumes



**Jus conservé**

## **I.2. Détermination des paramètres physicochimiques**

### **I.2.1. Potentiel d'hydrogène**

Le pH des échantillons de jus frais et conservés a été mesuré en utilisant un pH-mètre digital (inoLab pH 730) préalablement calibré avec des solutions tampons commerciales à pH 7,0 et 4,0. La détermination du pH a été réalisée à une température de  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  en maintenant l'électrode immergée dans le jus agité avec un agitateur magnétique.

### **I.2.2. Degré de Brix**

La mesure de poids en gramme de la matière sèche soluble (principalement du sucre) contenue dans 100 g de produits. Pour les boissons aux fruits, le degré de Brix varie entre 11 et 15%.

### **I.2.3. Acidité titrable**

#### ❖ Principe

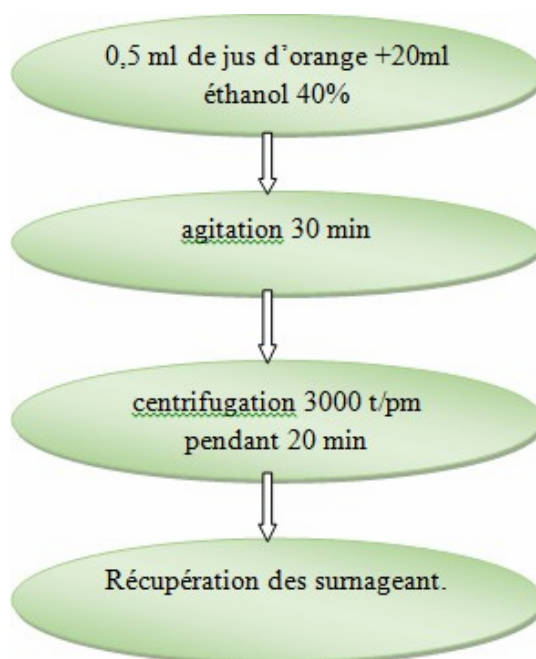
Elle est exprimée en teneur d'acide citrique par unité de volume et elle est déterminée par titrimétrie à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium 0,1N, en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré.

#### ❖ Protocoles

L'acidité totale est déterminée par titrage avec une solution d'hydroxyde de sodium 0,1N. Un volume de 5 ml de jus d'agrumes avec quelques gouttes d'indicateur coloré (phénolphtaléine). Le tout est titré avec une solution d'NaOH 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose. Le résultat est exprimé en g équivalent d'acide citrique par 100 ml de jus d'agrumes (AFNOR, 1974). L'acidité ou bien la quantité d'acide dans l'échantillon est obtenue en multipliant le volume de la chute de la burette (volume de NaOH) par un coefficient de 0,64 et en divisant sur la prise d'essai (volume de jus).

## **I.3. Préparation des extraits éthanoliques**

Un volume de 0,5 ml de jus d'agrumes est mélangé avec 20 ml d'éthanol à 40%. Après 30 min d'agitation, le mélange est centrifugé à 3000 tpm pendant 20 min. Le surnageant est récupéré et conservé au congélateur jusqu'à utilisation (**Figure 5**).



**Figure 5 :** Préparation des extraits éthanoïques

#### ***I.4. Dosage des antioxydants***

##### ***I.4.1. Polyphénols totaux***

###### **❖ Principe**

Le dosage des polyphénols totaux repose sur la méthode utilisant le Folin-Ciocalteu. Ce dernier est un réactif composé d'acide phospho-tungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) qui se réduisent, dans un milieu basique, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ) par les composés phénoliques.

L'intensité de la coloration bleue produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'extrait.

###### **❖ Protocole**

La teneur en polyphénols totaux est déterminée selon la méthode décrite par Singleton et Ross (1965). Un volume de 200  $\mu$ l d'échantillon est mélangé avec 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (10%) et 800  $\mu$ L de solution de carbonate de sodium (7,5%). L'absorbance est mesurée à 765 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique (EAG) par 100 ml de jus en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (0,02 à 0,1 mg/ml) (Annexes, Figure 1).

#### **1.4.2. Caroténoïdes totaux**

##### **❖ Principe**

Les caroténoïdes sont des composés insolubles dans l'eau et soluble dans les solvants apolaire tels que l'hexane et le chloroforme. L'extraction de ces substances consiste a utilisé deux phases : une phase apolaire qui permet la récupération des caroténoïdes et une phase polaire (éthanol/acétone) qui élimine les interférents tels que les polyphénols et les flavonoïdes.

##### **❖ Protocole**

La teneur des jus d'agrumes en caroténoïdes totaux est déterminée selon la méthode rapportée par Sass-Kisset *al.* (2005). Un volume de 0,5mL de jus d'agrumes est additionné à 5 ml du mélange de solvants d'extraction (hexane, acétone, éthanol; 2/1/1). Après 30 min d'agitation, la phase hexanique est récupérée. L'absorbance est mesurée à 440 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de bêta-carotène (E $\beta$ C) par 100 ml de jus en utilisant le coefficient d'extinction molaire du bêta-carotène (2505 cm<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> l).

### **1.5. Evaluation du potentiel antioxydant**

#### **1.5.1. Pouvoir réducteur**

##### **❖ Principe**

Le pouvoir réducteur des extraits a été déterminé en utilisant la méthode basée sur la réduction de ferricyanure de potassium. La présence des agents réducteurs dans les extraits induisent la réduction des ions ferriques (Fe<sup>3</sup> ) aux ions (ferreux Fe<sup>2</sup> ), cette réduction est mesurée par l'intensité de couleur verte-bleu qui en résulte. En présence d'un chélateur de fer dans l'extrait, la formation du complexe est diminuée, ce qui indique une bonne activité chélatrice de l'extrait.

##### **❖ Protocole**

Le pouvoir réducteur ferrique est évalué selon la méthode décrite par Oyaizu (1986). Un volume de 125 $\mu$ l d'échantillon est mélangé à 125 $\mu$ l de tampon phosphate (0,2 M; pH 6,6) et 125 $\mu$ l de ferricyanure potassium (1%). Après 20 min incubation à 50 °C, 125 $\mu$ l de solution d'acide trichloracétique (10%) sont ajoutés. Un volume de 500 $\mu$ l du mélange réactionnel est dilué avec de l'eau distillée (v/v) puis additionné de 100  $\mu$ l de solution chlorure ferrique (0,1%). L'absorbance est mesurée à 700 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent

d'acide ascorbique (EAA) par 100 ml de jus en se référant à une courbe d'étalonnage (Annexes, Figure 2).

### ***I.5.2. Activité anti-radicalaire***

#### **❖ Principe**

La réduction du radical libre DPPH° (2,2'-diphenyle-1-picryl hydrazyl) par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV- Visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par les antioxydants. En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH. (2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazyl) de couleur violette se réduit en 2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazine de couleur jaune.

#### **❖ Protocole**

L'activité anti-DPPH est évaluée selon la méthode décrite par Brand-Williams *et al.* (1995). Un volume de 200 µl d'échantillon est ajouté à 1 ml de solution méthanolique de DPPH (60 µM) fraîchement préparée. L'absorbance est mesurée à 517 nm après 30 min d'incubation à température ambiante et à l'obscurité. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique (EAA) par 100 ml de jus en se référant à une courbe d'étalonnage (Annexe, Figure 3).

### ***I.6. Evaluation sensorielle***

L'analyse sensorielle est réalisée par un panel non entraîné (moyenne d'âge 24 ans) composé de 27 sujets. Les échantillons sont mis à température de 4°C 3h avant le test, codés en échantillon A et B. La couleur, l'arôme, le goût, ainsi que l'acceptabilité globale sont évalués sur la base d'une échelle hédonique de neuf points. Après avoir goûté mais sans avaler l'échantillon A, les jurys sont tenus de rincer leur bouche avec de l'eau afin de se préparer pour déguster l'échantillon B.

### ***I.7. Analyse statistique***

Les résultats (n = 3) sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA). Les valeurs moyennes sont comparées à l'aide du test ppds de Fisher ( $p < 0,05$ ). Toutes les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel Infostat®.

# **Résultats et discussion**

## II. Résultats et discussion

### II.1. Effet de la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera sur les paramètres physicochimiques

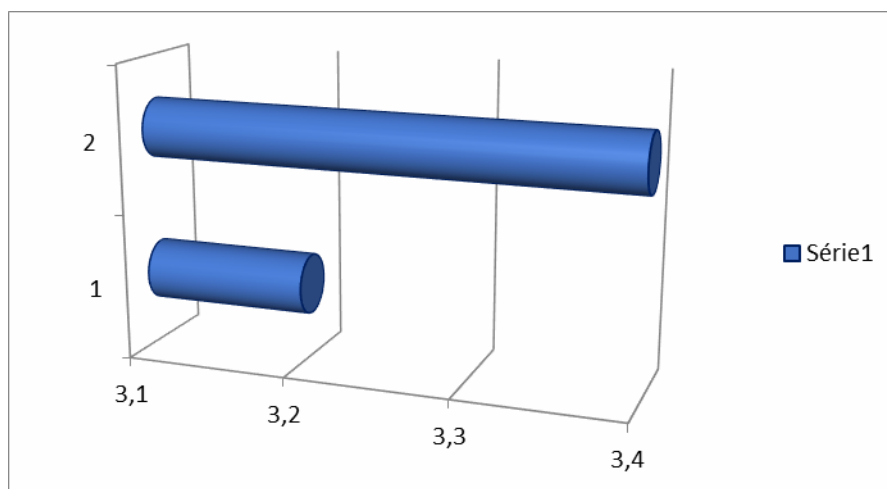
#### II.1.1. Potentiel d'hydrogène

Les agrumes sont classés comme des fruits acides, car leur matière soluble est essentiellement constituée de sucres et d'acides organiques dont les acides citriques, maliques, oxaliques, tartriques, galacturoniques, quiniques, etc. (Karadeniz, 2004).

Les valeurs respectives du potentiel d'hydrogène de jus d'agrumes frais et conservé sont 3,2 et 3,4 (**Figure 6**). Riu-Aumatell *et al.* (2004) ont rapporté des valeurs de pH comprises entre 3,56 et 3,91 pour les nectars de poire. Sulieman *et al.* (2009) et Rizzon et Miele (2012) ont enregistré respectivement des valeurs de 4,1 pour le nectar d'agrumes et 2,92 pour le nectar de raisin.

L'analyse statistique révèle qu'il n'existe pas une différence significative entre le jus frais et conservé à  $p < 0,05$ .

#### Potentiel d'hydrogène

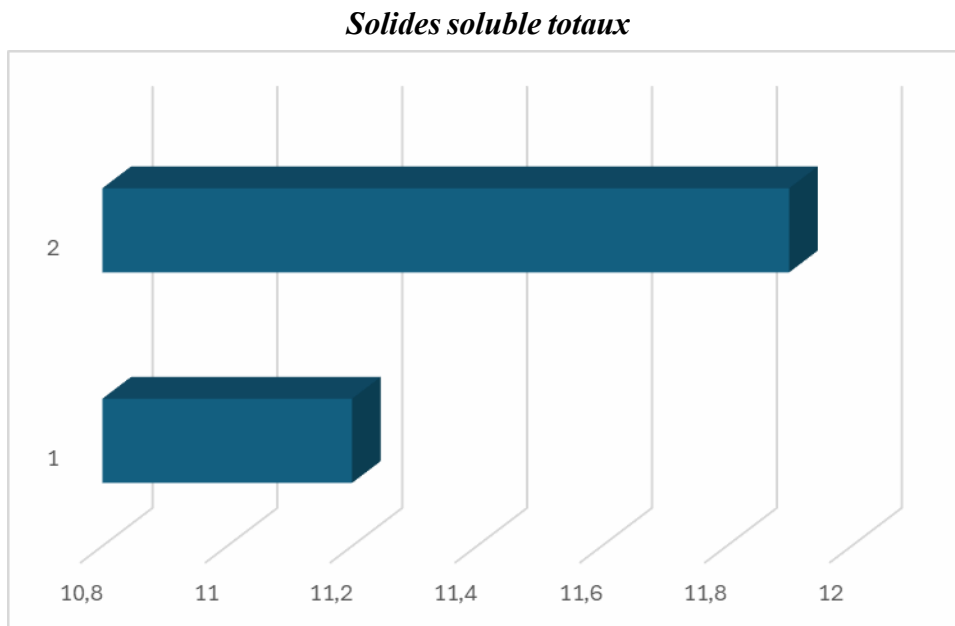


**Figure 6** : Potentiel d'hydrogène des jus analysés

#### II.2.2. Degré de Brix

Les valeurs respectives du degré brix des jus frais et conservé sont 11,20 et 11,90% (**Figure 7**). Ces résultats sont en concordance avec ceux rapportés par Stella *et al.* (2011) pour les nectars d'agrumes (11,5-13,5%).

L'analyse statistique révèle l'inexistence de différence significative à  $p < 0,05$  entre le jus conservé et le jus frais.



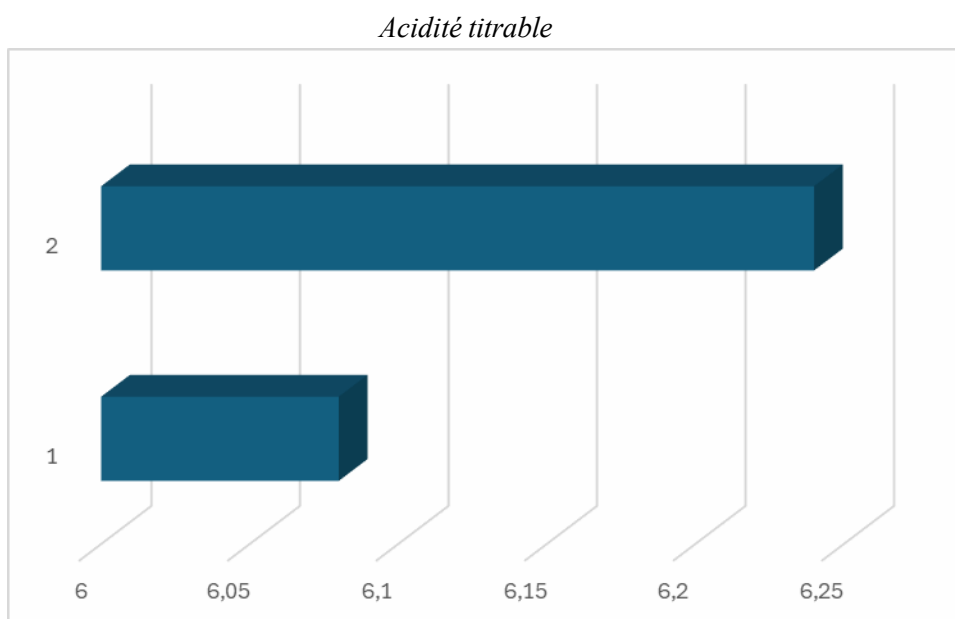
**Figure 7 :** Degré brix des jus analysés

### II.2.3. Acidité titrable

L'acidité est l'un des nombreux paramètres physico-chimiques qui affectent la qualité des aliments. Elle est exprimée conventionnellement en grammes d'acide citrique par litre de jus.

Les valeurs respectives de l'acidité titrable des jus frais et conservés sont 6,08 et 6,24 g équivalent d'acide citrique par litre. Aslanova *et al.* (2010) ont enregistré respectivement pour les confitures de fraise, de cerise et d'abricot les valeurs de 0,218, 0,504 et 0,441g / 100 g

L'analyse statistique n'a pas révélé une différence significative à  $p < 0,05$  entre les jus frais et conservés.



**Figure 8 :** Acidité titrable des jus analysés

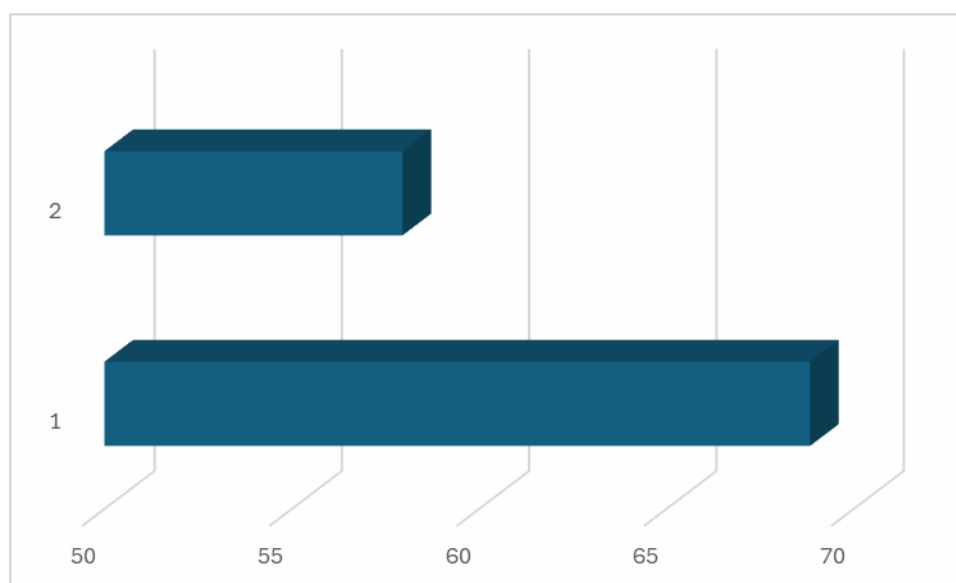
## II.2. Effet de la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera sur substances antioxydantes

### II.2.1. Polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux est estimée par la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Cette méthode est très sensible mais peu spécifique car beaucoup de composés réducteurs non phénoliques peuvent interférer tels que les caroténoïdes et quelques sucres et acides aminés. Cependant, elle reste la méthode la plus utilisée pour déterminer la concentration en polyphénols totaux.

La teneur en polyphénols totaux des jus frais et conservée sont 68,84 et 57,96 mg EAG/100ml (**Figure 9**). Les teneurs en polyphénols totaux des échantillons étudiés sont inférieures que celles rapportées par Tounsi *et al.* (2010) pour le jus d'agrumes (78,46 agrumes amer ; citron 33,3 ; sanguine 25,5 ; et mandarine 10,62 mg/100ml), Gardner *et al.* (2000) et Velazquez-Estrada *et al.* (2013) pour le jus d'agrumes (75,5 et 77,10 mg/100 ml de jus, respectivement). Les différences observées entre nos résultats et ceux de la littérature peuvent être expliquées selon Li *et al.* (2006) à la méthode d'extraction, le degré de maturation des fruits et les conditions de l'environnement, en plus de réactif adopté pour le dosage. Par ailleurs, les composés phénoliques subissent une réaction redox complexe avec le réactif de Folin- Ciocalteu, Cependant, il devrait être noté également que quelques groupes chimiques comme les acides ascorbiques, acides organiques, sucres, les amines aromatiques peuvent réagir aussi avec ce réactif causant ainsi une sur estimation des polyphénols (Ghafar *et al.*, 2010).

L'analyse statistique des teneurs en composés phénoliques totaux de jus d'agrumes frais et conservé présentent une différence significative à  $p < 0,05$ .



**Figure 9 :** Teneurs en polyphénols totaux des jus analysés

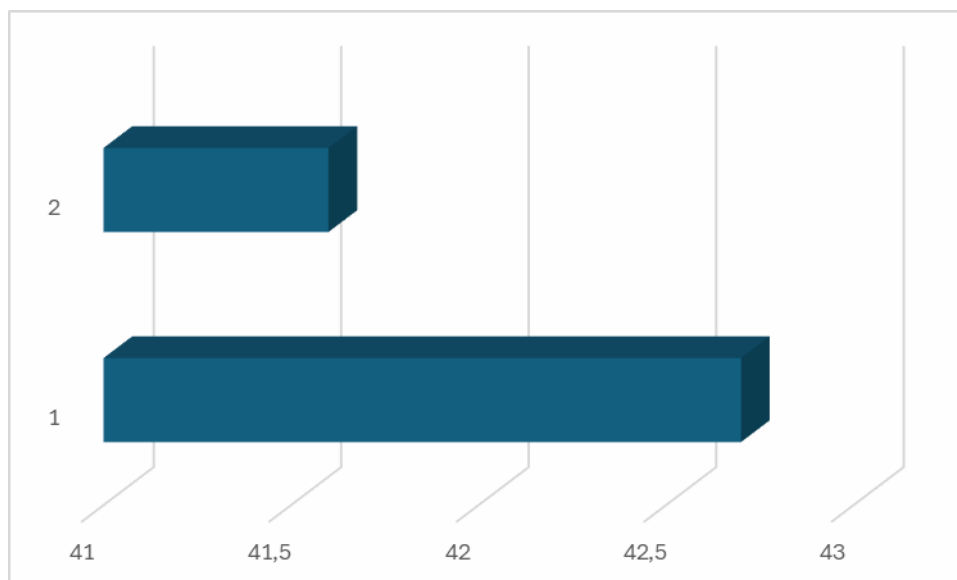
### **II.2.2. Caroténoïdes totaux**

Les caroténoïdes sont l'une des principales classes de pigments naturels responsables de la couleur jaune, agrumes, et rouge des fruits et des légumes. Ils ont un impact significatif sur la qualité commerciale et alimentaire des produits. L'augmentation de la consommation de ces composés est liée à la diminution du risque de développement de certaines maladies chroniques (Plaza *et al.*, 2011 ; Pastre, 2005).

Les teneurs en caroténoïdes des deux échantillons sont 42.7 et 41.6 $\mu$ g EQ/100ml pour le jus frais et conservé, respectivement (**Figure 10**).

Estève *et al.* (2009) ont rapporté une teneur de 1,2 mg/100 ml de jus d'agrumes. Marx *et al.* (2000) quant à eux, ont rapporté des teneurs comprises entre 4,5 et 14,6 mg/100ml de jus de carotte. Ces valeurs sont largement inférieures à nos résultats et cette différence est peut être due à la nature du fruit, les traitements appliqués lors de l'élaboration, etc.

L'analyse statistique ne présente aucune différence significative à  $p < 0,05$  entre le jus frais et conservé.



**Figure 10 :** Teneurs en caroténoïdes totaux des jus analysés

### **II.2. Effet de la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera sur l'activité antioxydante**

**II.2.1.** Plusieurs méthodes ont été développées pour évaluer toute l'activité antioxydante des fruits ou d'autres tissus de plante car il y a différents antioxydants et radicaux libres. L'activité antioxydante des extraits éthanoliques de jus d'agrumes a été déterminée

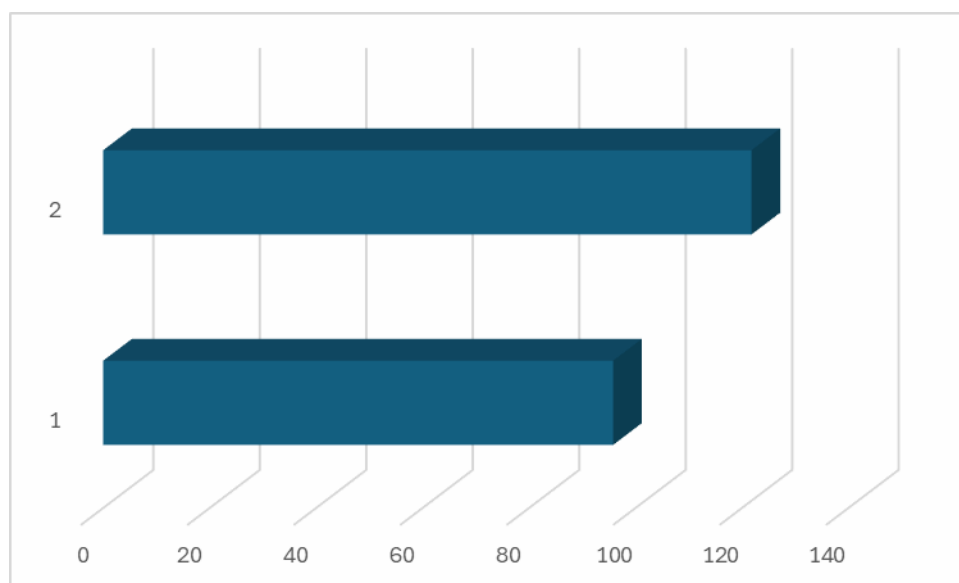
par le test du pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire, dont le premier se base sur le transfert d'électron alors que le deuxième sur le transfert d'hydrogène.

### II.2.2. Pouvoir réducteur

La **figure 11** représente les résultats du pouvoir réducteur des jus analysés. Le jus conservé présente une activité antioxydante plus élevée avec 121,81 mg EAA pour 100 ml suivi du jus frais avec une valeur de 95,81 mg EAA pour 100 ml.

Nos résultats sont plus élevés que ceux obtenus par Xu *et al.* (2008) qui ont rapporté un pouvoir réducteur de 30,74 mg EAA pour 100 ml pour de jus d'agrumes. Par ailleurs, Daramola (2013) ont enregistré un pouvoir réducteur compris entre 80 et 100 mg équivalent d'acide ferulique pour 100mL de jus de pomme de différentes variétés. Cette différence peut être due à l'espèce analysée, la variété, le degré de la maturation du fruit, le sol, le climat et les méthodes analytiques.

L'analyse statistique a révélé une différence significative des jus frais et conservé analysés au seuil d'erreur de 0,05.



**Figure 11:** Le pouvoir réducteur des jus analysés

### II.2.3. Activité anti-radicalaire

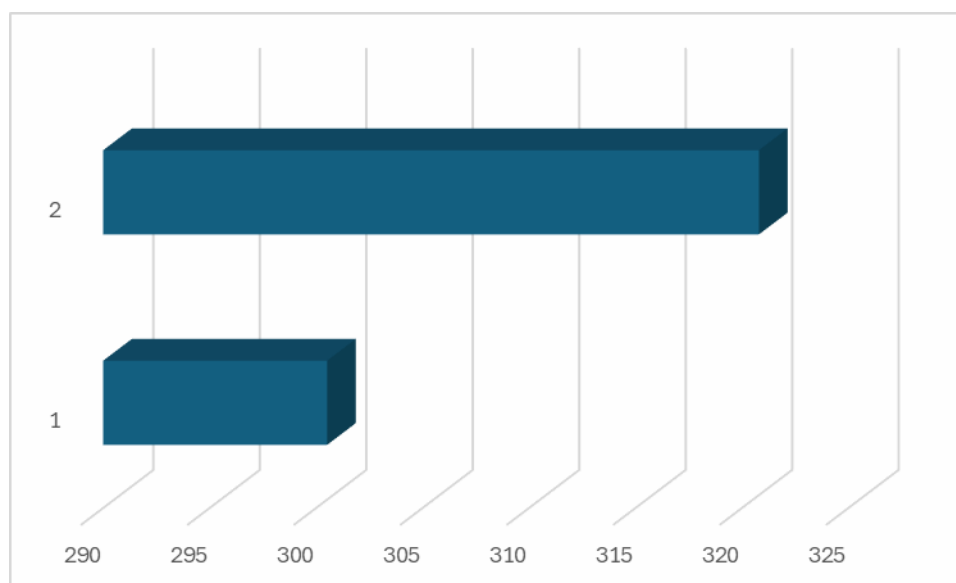
La mesure de l'activité antiradicalaire par le radical DPPH est une méthode

couramment employée pour évaluer l'activité antioxydante ; elle est basée sur la réduction du radical DPPH par un transfert d'hydrogène, qui se traduit par une décoloration de la solution de DPPH du violet au jaune (Wong *et al.*, 2005).

La **figure 12** représente l'activité anti-DPPH des jus analysés. Le jus d'agrumes conservé présente l'activité anti-DPPH la plus élevée avec une valeur de 320,80 mg EAA/100 ml, suivi de jus frais (300,52 mg EAA/100ml). Costa *et al.* (2012) ont enregistré une activité anti-radicalaire de 98,1 mg équivalent trolox pour 100 ml de cocktail de jus de commerce (agrumes -citron-carotte-mangue). Dans une autre étude, Floegel *et al.* (2011) ont enregistré des activités anti-radicalaires de 72,4 ; 47,4 ; 41,8 et 18,9 mg EAA/100 ml des jus de mangue, d'agrumes , de citron et de pomme, respectivement.

L'activité antioxydante peut être affectée par de nombreux facteurs tels que, la polarité des solvant et la procédure d'extraction, la variation des espèces utilisées (Ismail *et al.*, 2004).

L'analyse statistique a révélé une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre l'activité du des jus analysés.



**Figure 12:** L'activité anti-DPPH des jus analysés

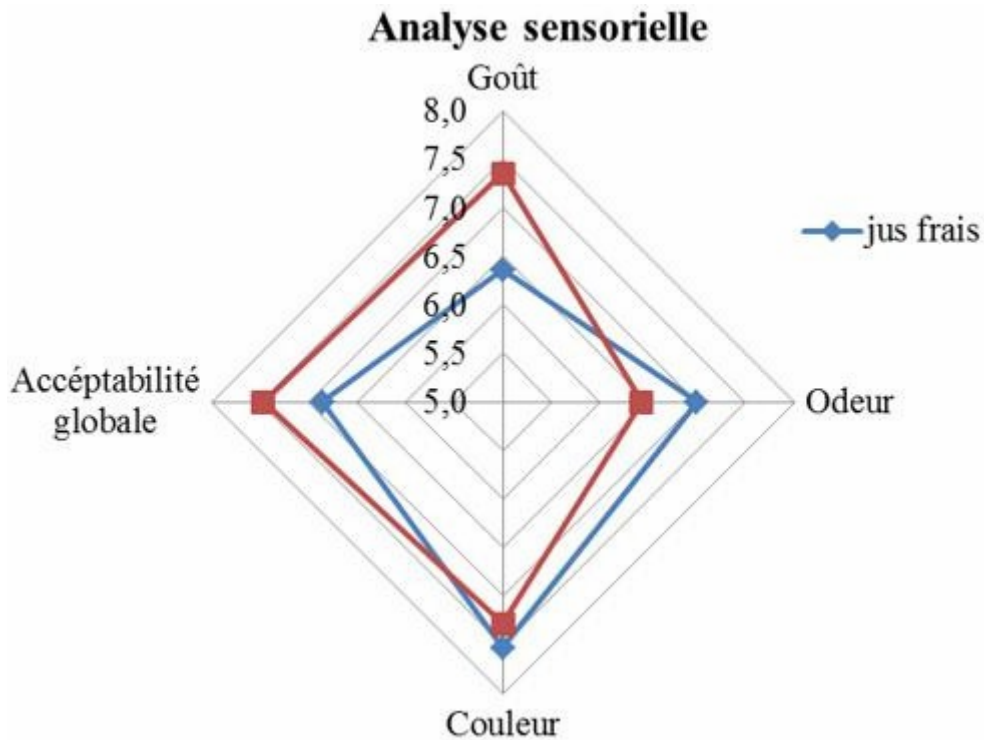
### II.3. Analyse sensorielle

La **figure 13** représente les scores du profil sensoriel des jus d'agrumes évalué en termes de la couleur, l'arôme, le goût, et l'acceptabilité globale par un panel non entraîné de 27 sujets. Les paramètres évalués concernent le goût, l'odeur, la couleur et l'acceptabilité globale. Chaque attribut est mesuré selon une échelle d'acceptabilité universelle de 0 à 9 points (0 : extrêmement désagréable, 9: extrêmement agréable).

Le profil sensoriel des jus d'agrumes frais et conservé ne présente aucune différence significative à  $p < 0,05$ , excepté pour le goût. En outre, la couleur est la moins affectée par la température.

## Partie expérimentale

En dépit de la diminution des scores d'acceptabilité globale des échantillons conservés à 37 °C, les résultats indiquent que le panel sensoriel maintient son appréciation pour les jus d'agrumes (note supérieure à 5).



**Figure 13** : Scores de l'analyse sensorielle des jus analysés

# **Conclusion**

La présente étude s'intéresse à étudier l'effet de la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera domestique sur le potentiel antioxydant attribuable aux substances bioactive et sur l'évaluation sensorielle de jus d'agrumes.

La conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera n'a pas d'effet sur les paramètres physicochimiques testés. Par ailleurs, les valeurs de ces paramètres sont en concordances avec les normes rapportées dans la législation.

Les jus analysés ont enregistré des teneurs en polyphénols et caroténoïdes totaux inférieurs aux celles rapportées dans la littérature Concernant l'activité antioxydante évaluée par le test du pouvoir réducteur et l'activité anti-radicalaire, les valeurs les plus élevées pour ces deux tests sont enregistrés par le jus d'agrumes conservé (121,8 et 320 mg EAA/100ml, respectivement).

L'analyse sensorielle réalisée afin d'évaluer les propriétés organoleptiques des deux jus (frais et conservé) a permis de noter l'inexistence de différence significative pour tous les paramètres (couleur, odeur et appréciation globale), excepté le paramètre goût.

A la lumière de cette étude, il en ressort que la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera domestique a une influence sur les composés phénoliques, à l'instar des paramètres physicochimique et l'analyse sensorielle.

Comme perspectives à la présente étude, il serait nécessaire de l'étayer par :

- ✓ L'analyse microbiologique des jus conservés.
- ✓ Le suivi au cours de la conservation en ce qui concerne les paramètres physicochimique et le potentiel antioxydant
- ✓ Etudier d'autres moyens de conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera autre que le traitement thermique, tel que la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera par ultrason, par champs électrique, etc.

# **Références bibliographiques**

- ❖ AFNOR (Association Française de Normalisation). (1970). Détermination du pH.
- ❖ AFNOR (Association Française de Normalisation). (1970). Détermination de degré de Brix.
- ❖ AFNOR (Association Française de Normalisation). (1974). Détermination de l'acidité titrable).
- ❖ Anonyme, (2008)
- ❖ Anonyme. (2000). Guide pour l'élaboration et la conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera des jus de fruits. Ed : crp : centre Romand de conservation par cire d'abeille domestique et l'aloé vera.
- ❖ Aruoma, O.I. (2003). Methodological considerations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in food plants. *Mut. Res*,9(20):523-524.
- ❖ Aslanova, D., Bakkalbasi, E., & Artik, N. (2010). Effect of storage on 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formation and color change in jams. *International Journal of Food Properties*, 13, 904–912.
- ❖ Bachés B.M. 2011. Agrumes comment les choisir et les cultiver facilement. Editions Eugen Ulmer, 8 rues blanches, 75009 Paris. PP. 6-8-9-11-63.
- ❖ Baron A. (2002). Jus de fruits. In Technologies de transformation des fruits. XX Eds Paris: Tec & Doc.
- ❖ Berliet C. (2006). Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'agrumes. Thèse: *Sciences Alimentaires. Life Sciences. ENSIA (AgroParisTech)*.
- ❖ Braddock R.J. (1999). Juice processing operations. In Handbook of citrus by-products and processing technology. New York: Wiley. 35-51.
- ❖ Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25–30.
- ❖ Chen C.S., Shaw P.E., Parish M.E. (1993). Agrumes and tangerine juices. In Fruit Juice Processing Technology, Nagy S., Chen C.S., ShawP.Z., Eds. Auburndale, Florida, USA: Agscience Inc. 119-124.
- ❖ Christophe, P. & Christophe S. (2011). Physiologie, pathologie et thérapie de la reproduction chez l'humain. Edition Springer, p 84.
- ❖ Claveau D. (2009). Activités microbiennes de différente préparation de ZnO, CaO et MgO et leur potentiel comme agents de conservation dans les jus de fruits. Science de l'agriculture et de l'alimentation ; mémoire Univ : Laval Québec.

- ❖ Costa, A. S. G., Nunes, M. A., Almeida, I. M. C., Carvalho, M. R., Barroso, M. F., Alves, R. C., & Oliveira, M. B. P. P. (2012). Teas, dietary supplements and fruit juices: A comparative study regarding antioxidant activity and bioactive compounds. *Food Science and Technology*, 49, 324–328.
- ❖ Daramola, B. (2013). Assessment of some aspects of phytonutrients of cashew apple juice of domestic origin in Nigeria. *African Journal of Food Science*, 7, 107–112.
- ❖ Davies F.S., Albrigo L.G. (1994). Fruit quality, and postharvest technology. In Citrus. Atherton J., Rees, A., Eds. Crop Production Science in Horticulture. CAB International.
- ❖ Djadi k. (1987). Influence des conditions de stockage sur la qualité de jus d'agrumes. Mémoire de second cycle, technologie alimentaire. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II.
- ❖ Duh, P. D., Tu, Y. Y., & Yen, G. C. (1999). Antioxidant activity of water extract of harnjyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). *Food Science and Technology*, 32, 269–277.
- ❖ Eristanna, P., Vito, A. L., & Maria, A. G. (2013). Current and Potential Use of Citrus Essential Oils. . *Current Organic Chemistry*, 3042-3049.
- ❖ Esteve, M.J., Barba, F.J., Palop, S., Frígola, A. (2009). The effects of non-thermal processing on carotenoids in agrumes juice. *Czech Journal of Food Sciences*, 27, S304–S306.
- ❖ FAO Banques de données. Adresse URL : <http://apps.fao.org/page/collections>.
- ❖ Felles, P.J., Buslig, B.S., Carter, R.D. (1975). Relation of processing, variety and maturity to flavour quality and particle size distribution in Florida agrumes juices. *In Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 88, 350-357.
- ❖ Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I., & Chun, O. K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 1043–1048.
  - Gaithersburg: An Aspen publication.
  - Gaithersburg: An Aspen publication.
- ❖ Gardner, P. T., White, T. A. C., Mc Phail, D. B., & Duthie, G. G. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, 68, 471–474.
- ❖ Ghafar MF, Prasad KN, W engKK, Ismail A.2010 Flavonoid, hesperidine, total phenolic contents and antioxidant activities from Citruss pecies, *African Journalof Biotech nology*,9
- ❖ Ghedira, K., 2005. Les flavonoides : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois et thérapeutique. *Phytothérapie* 17(4), 162-169.
- ❖ Huet R. (1991) Les huiles essentielles d'agrumes. *D-Technologie d'extraction*.

*Fruits*, 46, 551-564.

- ❖ Ismail A., Marjan Z.M., Foong C, W. 2004. Total antioxidant activity and phenolics content in selected vegetables. *Journal of Food Chemistry*, 87: 581-586.J
- ❖ Karadeniz F. 2004. Main Organic Acid Distribution of Authentic Citrus Juices in Turkey.
- ❖ kim S., Tomono, Y., Katase, E., Ogawa, K., Nonomura-Nakano, M., Nesumi, H., Yoshida, T., Sugiura, M., Yango, M., 2002. Quantitative Study of Fruit Flavonoids in Citrus Hybides of testing antioxidative activity of Oregano essential oil. *Food Chemistry* 85, 633-640.
- ❖ Kimball D.A. (1999). Citrus processing, a complete guide, second edition. Kimball D.A., Ed.
- ❖ Kimball D.A. (1999). Citrus processing, a complete guide, second edition. Kimball D.A., Ed.
- ❖ Li B.B., Smith B., Hossain Md. M. 2006. Ex traction of phenolics from citrus peels: *Solvent extraction method Separation and Purification Technology*, 48: 182– 188
- ❖ Marx, M., Schieber, A., & Carle, R. (2000). Quantitative determination of carotene stereoisomers in carrot juices and vitamin supplemented (ATBC) drinks. *Food Chemistry*, 70, 403–408.
- ❖ Oyaizu, M. (1986). Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307–315.
- ❖ Papazian, L., Roch, A. (2008). Le syndrome de détresse respiratoire aiguë, Edition Springer, p 153.
- ❖ Pastre. (2005). Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. Ecole nationale vétérinaire (Toulouse).
- ❖ Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., De Ancos, B., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O., & Cano, M. P. (2011). Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of agrumes juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. *Food Science and Technology*, 44, 834–839.
- ❖ Ramful, D., Baborunb, T., Bourdonc, E., Tarnusc, E., Aruoma, O.I., 2010. Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology*. 278, 75
- ❖ Riu-Aumatell, M., Castellari, M., Lopez-Tamames, E., Galassi, S., & Buxaderas, S. (2004). Characterisation of volatile compounds of fruit juices and nectars by HS/SPME and GC/MS. *Food Chemistry*, 87, 627–637.
- ❖ Rizzon, L. A., & Miele, A. (2012). Analytical characteristics and discrimination of Brazilian commercial grape juice, nectar, and beverage. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 32, 93–97.
- ❖ Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M. M., & Toth-Markus, M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38, 1023–1029.
- ❖ Saunt J. (1990). Citrus varieties of the world : an illustrated guide. Saunt J., Ed. Sinclair

International.

- ❖ Singleton, V. L., & Rossi, J. A. JR. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- ❖ Stella, S. P., Ferrarezi, A. C., Dos Santos, K. O., & Monteiro, M. (2011). Antioxidant activity of commercial ready-to-drink agrumes juice and nectar. *Journal of Food Science*, 76, 392–397.
- ❖ Sulieman, A. M. E., Abdalla, R. A., & El-Hardallou, S. B. (2009). The impact of refrigerated storage on the chemical, physiochemical and sensory characteristics of some fruit nectars. *Gezira Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4, 35–46.
  - *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28: 267-271.
- ❖ Velázquez-Estrada, R. M., Hernández-Herrero, M. M., Rüfer, C. E., Guamis-López, B., & Roig-Sagués, A. X. (2013). Influence of ultra-high-pressure homogenization processing on bioactive compounds and antioxidant activity of agrumes juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18, 89–94.
- ❖ Webber et Herbert, (1967)-Histoire des agrumes en europe. Site : <http://uses.plantnet-projet.org/fr/>
- ❖ Wong, S. P., Leong, L. P., & Koh, J. H. W. (2005). Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food Chemistry*, 99, 775–783.
- ❖ Xu G., Liu D., Chen J., Ye X., Ma Y., Shi J. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in china. *Food Chemistry*, 106: 545-551.

# Annexes

## Détermination des paramètres physico-chimiques de jus d'agrumes

### Détermination du pH

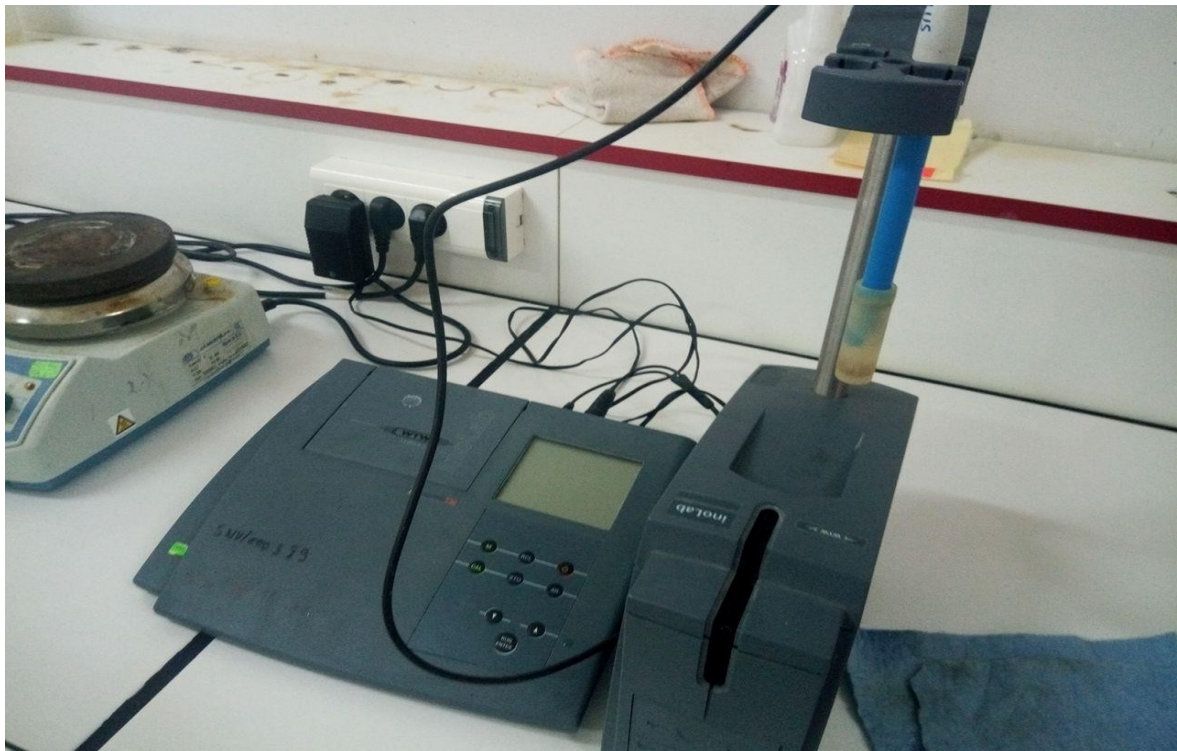
#### Principe

Il s'agit de potentiométrie avec un pH -mètre.

#### Mode opératoire

- Filtration de jus d'agrumes .
- Régler la température de l'échantillon et les solutions tampons utilisées à la température ambiante (de 20 à 25°C), et régler le compensateur thermique en fonction de la température observée.
- Étalonnage du pH-mètre.
- Rincer et éponger les électrodes ; les immerger ensuite dans l'échantillon et relever le pH, en laissant l'appareil se stabiliser pendant une minute.
- Rincer et sécher les électrodes et répéter l'opération avec un nouvel échantillon.

NB : L'expérience est répétée trois fois.



## **Détermination des paramètres physico-chimiques de jus d'agrumes**

### **Mesure de degré de Brix**

- Le taux de sucre, mesuré en degré Brix

Le degré Brix mesure le poids en gramme de matière sèche soluble (principalement du sucre pour les pulpes de fruit) contenue dans 100 g de produits. Par exemple, un sirop à 70° Brix représente un sirop contenant 70 g de sucre et 30 g d'eau. Le degré de Brix se mesure à l'aide d'un réfractomètre.

Pour les boissons aux fruits, le degré de Brix varie entre 11 et 15° selon les pays. Il peut atteindre 15° Brix en Afrique pour certaines boissons très sucrées, 13° Brix en Europe du Sud et 11° Brix en Europe du Nord.

Principe

Mesurer à la température de 20°C l'indice de réfraction de l'échantillon préparé et conversion de cet indice en résidu sec soluble.

Mode opératoire

Essuyer le réfractomètre avec de l'eau distillée. Déposer une quantité de l'échantillon sur la lentille lire la valeur de Brix directement sur le réfractomètre.



## Détermination des paramètres physico-chimiques de jus d'agrumes

### Détermination de l'acidité

#### - Détermination de l'acidité du jus d'agrumes :

L'acidité titrable des jus, exprimée en teneur d'acide citrique par unité de volume est déterminée par titrimétrie.

#### Principe

Le principe de la méthode consiste à un titrage de l'acidité avec une solution d'hydroxyde de Sodium (NaOH) en présence de Phénolphtaléine comme indicateur coloré.

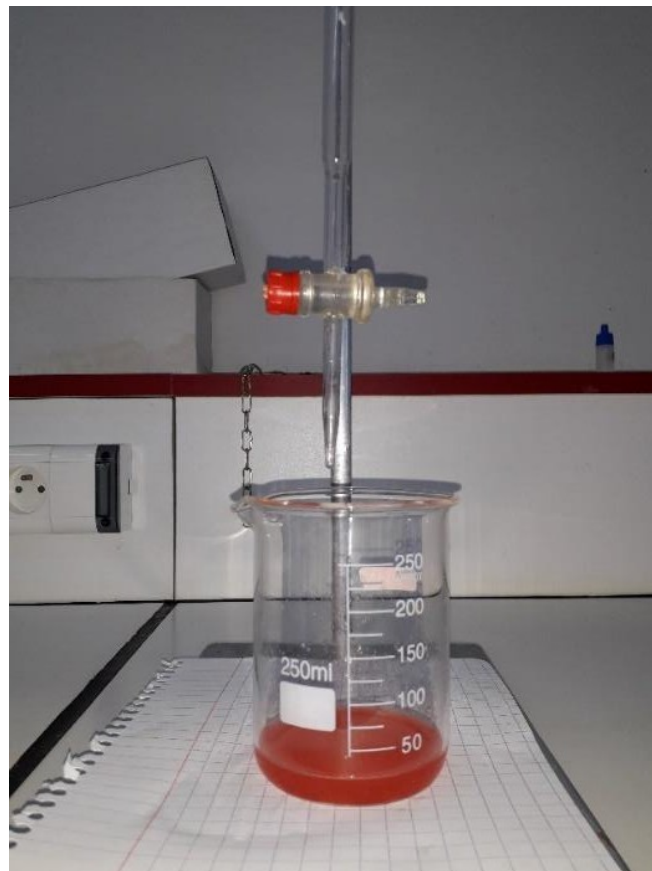
#### Mode opératoire

Prélever 100ml de l'échantillon et les verser dans un bécher muni d'un agitateur. Ajouter 0,25 à 0,5ml de Phénolphtaléine et tout en agitant versé dans la burette la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistant pendant 30s.

Calcul de l'acidité :

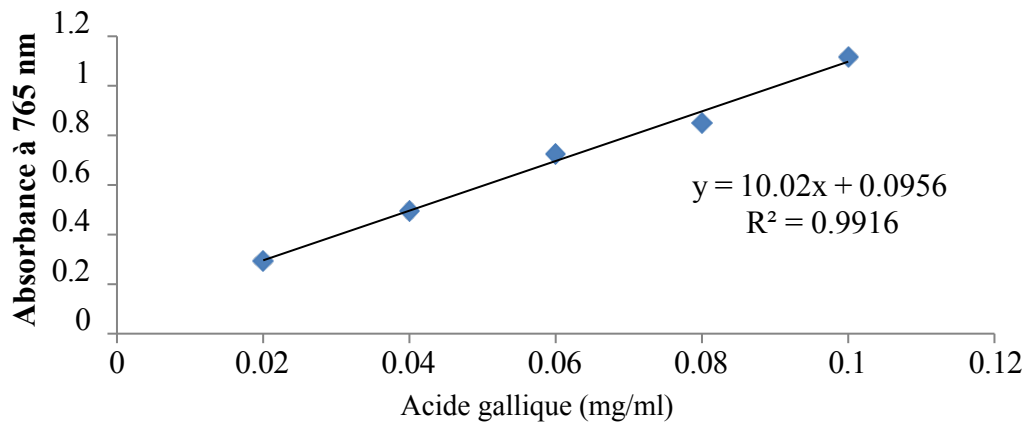
$$C_0 = (C_1 \times V_{eq}) / V_0$$

$$M (\text{acide citrique}) = 192.124 \text{g/mol}$$

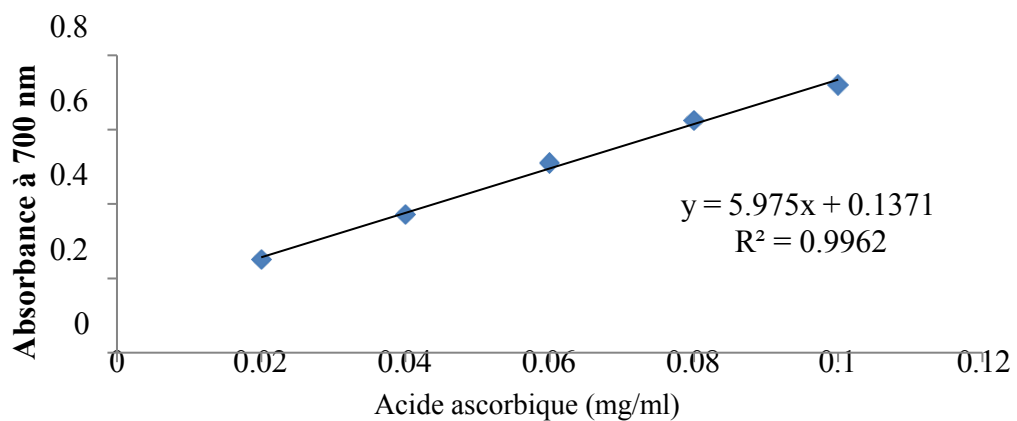


**Figure 1**

Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux

**Figure 2**

Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur

**Figure 3**

Courbe d'étalonnage du DPPH

