



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريش

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Intitulé :

Elaboration d'une boisson fonctionnelle à base de caroube

Présenté par :

Soutenu: le 25/06/2023

FALEH Nour El Houda

Devant le jury :

Président :	M ^{me} HIHAT Soraya	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	M ^{me} BENBOUGUERRA Nawel	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Examineur :	M ^{me} BOUTANA Wissem	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2022/2023



Remerciements



*Tous d'abord nous tenons
à remercier le bon **Dieu** tout puissant et miséricordieux de nous
avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste
travail.*

*J'adresse mes vifs remerciements à **M^{me} HIHAT Soraya**
d'avoir fait l'honneur de présider le jury de cette soutenance*

*J'exprime mes profondes gratitude et respectueuses
reconnaissances à ma promotrice **M^{me} BENBOUGUERRA Nawel**
pour son encadrement, ses conseils et ses sacrifices afin de donner
le meilleur et pour son suivi durant la période de préparation de ce
travail*

*Je tiens à remercier infiniment **M^{me} BOUTANA Wissem** d'avoir
accepté d'examiner ce travail*

*J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs qui par
leurs conseils et leurs efforts durant toutes les années passées m'ont
permis d'arriver là où je suis aujourd'hui. Un grand remerciement
pour leurs qualités d'enseignement dont j'ai bénéficié*



Dédicaces

*En témoignage d'amour
et d'affection, je dédie ce modeste travail avec une grande fierté à
tous ceux qui me sont chers ;*

Ma très chère mère **Khelfia, qui a œuvré pour ma réussite,
de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses
précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma
vie*

** Mon très cher père **Omar**, qui peut être fier et trouver ici
le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour
m'aider à avancer dans la vie
Que Dieu vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée
pour que je suis puisse vous combler de bonheur*

Mes chers frères **Ali et Abdelhaq pour leurs
encouragements et pour leur soutien moral*

Mon cher oncle **Mohamed mon 2^{ème} papa, merci pour
tous ce que tu me donnes, puisse Dieu vous donne santé et bonheur*

*À tous ceux qui m'ont enseigné tout au long de ma vie scolaire
*Mes chères amies **Amel, Amira, Asma, Chahinez, Chaima,
Rania et Wissem.***

*Merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller
plus loin.*

À tous les autres que je n'ai pas cités mais à qui je pense aussi

Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Étude bibliographique	
I. Le caroubier <i>Ceratonia Siliqua</i>	3
I.1. Présentation générale.....	3
I.2. Répartition géographique.....	3
I.3. Production mondiale	4
I.4. Composition chimique et propriété nutritionnelle.....	4
I.5. Utilisation de la caroube.....	5
I.6. Propriétés pharmacologiques.....	6
II. Fraisier (<i>Fragaria x ananassa Duch</i>)	7
II.1. Présentation générale.....	7
II.2. Récolte et consommation.....	7
II.3. Production mondiale.....	7
II.4. Composition chimique.....	8
II.5. Propriétés pharmacologiques.....	8
Matériel et Méthodes	
I. Présentation générale de la partie pratique.....	10
II. Préparation de la boisson de caroube.....	10
III. Préparation de jus de fraise.....	11
IV. Préparation des formules caroube-fraise.....	11
V. Caractérisation physico-chimiques de la pulpe de caroube.....	11
VI. Analyses physico-chimiques de la boisson.....	12
VII. Analyse sensorielle.....	14
Résultats et Discussion	
I. Caractérisation physico-chimique de la poudre de caroube.....	15
II. Paramètres physico-chimiques des boissons formulées.....	16
III. Qualité sensorielle	18
Conclusion générale	20
Annexe	
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de normalisation

°B : Degré de Brix

BNE : Brunissement non enzymatique

C% : Taux des cendres

ERO : Espèces réactives oxygénées

F : Formule

H% : Taux d'humidité

IB : Indice de brunissement

IT : Indice de trouble

pH : Potentiel d'hydrogène

PME : Pectine méthylestérase

TA : Acidité titrable

TSS : Totale des solides solubles

Liste des figures

Figure 01 : Distribution mondiale du caroubier.....04

Figure 02 : Effet de la formule sur les caractéristiques des boissons formulées.....18

Liste des tableaux

Tableau I : Taxonomie du caroubier <i>Ceratonia siliqua L.</i>	3
Tableau II : Composition chimique du caroube.....	5
Tableau III : Production mondiale des fraises.....	8
Tableau IV : Caractérisations physico-chimiques de la poudre de caroube	15
Tableau V : Effet de la formule sur les paramètres physico-chimique de la boisson formulée.....	16

Introduction générale

Introduction générale

L'industrie agro-alimentaire est un secteur qui comprend toutes les opérations liées à la transformation, la conservation, la préparation et l'emballage des produits agricoles et alimentaires réalisés dans des unités de production industrielle (**Rastoin, 2000**).

La production et le développement d'aliments qui améliorent la santé humaine constituent un défi pour l'industrie alimentaire. De plus, elle accroît la curiosité scientifique à l'égard des ingrédients alimentaires ayant des qualités nutritionnelles, technologiques et fonctionnelles appropriées qui augmente et améliore la valeur des aliments (**Galanakis, 2021; Hafez et Mahgoub 2023**).

Au cours de la dernière décennie, l'intérêt pour la durabilité et la valorisation du caroubier a augmenté au-delà de son importance agricole unique en tant qu'arbre résistant au feu et à la sécheresse (**Palaiogianni, 2022; Deda et al., 2023**).

Il est connu que les aliments fonctionnels ont des effets positifs sur la santé au-delà de la nutrition de base afin de favoriser une santé optimale et de réduire le risque de maladie (**Hill et al., 2014**).

La caroube a attiré beaucoup d'attention, parce qu'il semble être un aliment avec des utilisations pratiques et fonctionnelles (**Boublenza et al., 2017; Brassesco et al., 2021**).

La farine de caroube est utilisée pour fabriquer des produits sans gluten (les personnes atteintes de la maladie cœliaque) et diététiques grâce à leur valeur nutritive élevée en glucides et en fibres alimentaires. De plus, la caroube est une riche source de minéraux (Mg, Fe, P, Zn, Ca, K, Na) et de quantités importantes de composés phénoliques (acide gallique, tannins) et de vitamines (D, E, C, B6, acide folique). De nombreuses études affirment que les caroubes et leurs sous-produits sont utilisés comme aliments fonctionnels et additifs alimentaires (**Higazy et al., 2018; Fidan, 2020; Papageorgiou et al., 2020**).

Notre travail consiste à élaborer une boisson fonctionnelle dans une optique de convergence des produits naturellement riches en agent antioxydants pour améliorer la qualité des boissons aux jus de fruits par l'incorporation de la farine de caroube à différents pourcentages dans un jus de fraise.

Ainsi, notre travail réalisé au sein du laboratoire de l'université de Mohamed El Bachir El Ibrahimy, faculté des Sciences de la Nature et de la Vie a pour objectif l'évaluation de la boisson formulée par un suivi des paramètres physico-chimiques (Humidité, cendres, pH, Brix, acidité titrable, indice de trouble et indice de brunissement) ainsi que la détermination de son qualité sensorielle.

Introduction générale

Le présent document est structuré en différentes parties :

- ✓ Une introduction générale présentant l'intérêt et l'objectif de cette étude.
- ✓ La première partie est une synthèse bibliographique sur le sujet étudié.
- ✓ La deuxième partie comporte les méthodes d'étude expérimentale du travail ainsi le matériel utilisé.
- ✓ La troisième partie mettra en lumière les résultats obtenus avec leurs interprétations.

Nous terminons par une conclusion générale, résumant l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus au cours de ce travail et quelques perspectives.

Étude bibliographique

I. Le caroubier *Ceratonia Siliqua*

I.1. Présentation générale

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est un arbre cultivé ou présent à l'état sauvage dans la région méditerranéenne. Cette espèce appartient à la sous-famille Cesalpinaceae de la famille Fabaceae (**Tableau I**) (Naghmouchi *et al.*, 2009). Il s'agit d'un arbre héliophile et thermophile appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride et aride, capable de s'adapter facilement à différents types de sols. Cet arbre joue un rôle important dans la protection du sol contre la dégradation et l'érosion, ainsi que dans la lutte contre la désertification grâce à ses racines profondes et à son feuillage persistant. Il s'agit d'une espèce d'arbre fruitier polyvalente et industrielle qui présente une grande capacité à résister aux sécheresses (Srecec *et al.*, 2018; Boublenza *et al.*, 2019; 2022).

Tableau I : Taxonomie du caroubier *Ceratonia siliqua* L

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophytes (angiosperme)
Classe	Dicotylédones
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous-famille	Cesalpinaceae
Genre	<i>Ceratonia</i>
Espèce	<i>Ceratonia siliqua</i>

I.2. Répartition géographique

Ceratonia siliqua, arbre de la famille des Fabaceae se trouve dans des pays méditerranéens tels que la Grèce, l'Italie, l'Espagne, le Maroc, la Turquie et la Syrie. Les anciens Grecs l'ont introduit du Moyen-Orient en Grèce et en Italie, tandis que les Arabes l'ont répandu le long de la côte nord-africaine et vers le nord en Espagne et au Portugal. Plus récemment, l'arbre à caroube s'est propagé dans certaines régions où le climat est similaire au climat méditerranéen, comme la Californie, l'Arizona, le Mexique, le Chili, l'Argentine, l'Australie, l'Afrique du Sud et l'Inde. La production mondiale de caroube est d'environ 315 000 tonnes par an, l'Espagne étant le principal producteur et exportateur, suivi de l'Italie, du Maroc, du Portugal, de la Grèce, de la Turquie et de Chypre (Stavrou *et al.*, 2018).

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) capable de croître sur divers types de sols tels que les sols rocheux, secs et en pente, à condition qu'ils soient légèrement fertiles et que le système racinaire puisse les pénétrer. La répartition originale de *C. siliqua* n'est pas claire en raison de sa culture extensive depuis l'Antiquité. Sur le plan climatique, les centres d'origine de la sous-famille Caesalpinoideae étaient chauds et humides à l'origine, mais après la période du Crétacé, il y a eu une déshydratation étendue, ce qui a conduit à un climat beaucoup plus sèches, voire désertiques (Durazzo *et al.*, 2014; Turfani *et al.*, 2017; Krokou *et al.*, 2019; Capcanari *et al.*, 2022).



Figure 01 : Distribution mondiale du caroubier (Batlle *et al.*, 1997)

I.3. Production mondiale

En 2020, la production mondiale annuelle de caroubes s'est élevée à plus de 49 000 tonnes, provenant de plus de 14 000 hectares répartis dans le monde entier. Les principaux producteurs étaient le Maroc, la Turquie et le Liban. La superficie totale consacrée à la production de caroubes dans le monde est d'environ 200 000 hectares (**Figure 01**). Les pays du sud de l'Union européenne tels que l'Espagne, l'Italie, le Portugal et la Grèce représentent environ 148 000 hectares, soit 74 % de la superficie cultivée et environ 70 % de la production mondiale (Faostat, 2020; Akouz *et al.*, 2023). En Algérie, il n'existe aucune information sur les cultivars de caroube, la majorité d'entre eux datant de la période coloniale pour laquelle il n'existe pas de documents d'archives (Mahdad *et al.*, 2016; Mahdad *et al.*, 2022).

I.4. Composition chimique et valeur nutritionnelle

La gousse de caroube mature mesure de 10 à 25 cm de long et est composée d'environ 90 % de pulpe et de 10 % de graines (Rtibi *et al.*, 2017). Les graines de caroube, recouvertes d'une enveloppe brune ajustée, contiennent un endosperme blanc et translucide (contenant des galactomannanes), également appelé gomme de caroube (Rtibi *et al.*, 2017; Lakkab *et al.*, 2018).

Les gousses de caroube contiennent de fortes quantités de glucides (40 à 60 %), de composés polyphénoliques, en particulier des tanins (18 à 20 %), de fibres alimentaires (27 à 50 %), de minéraux (potassium, sodium, fer, cuivre, manganèse et zinc) et de faibles quantités de protéines (3 à 4 %) et de lipides (0,4 à 0,8 %). Ce fruit est particulièrement connu pour sa richesse en sucres, principalement composés de saccharose (32 à 38 %), de fructose (5 à 7 %), et de glucose (5 à 6 %), mais leurs proportions relatives sont variables (**Oziyci et al., 2014; Loullis et al., 2018; Tounsi et al., 2017; Yatmaz et al., 2018**).

Tableau II : Composition chimique du caroube (**Özcan et al., 2007**)

Composés	Quantités (%)
Humidité	6,01 ± 0,11
Protéines	4,71 ± 0,66
Lipides	0,23 ± 0,02
Fibres brutes	9,69 ± 1,2
Cendres	3,33 ± 0,2
Sucres totaux	48,35 ± 0,52
Minéraux	Quantités (mg/kg)
Calcium	4206,74 ± 100,17
Potassium	24665,63 ± 286,46
Magnésium	1435,57 ± 191,41
Sodium	1261,56 ± 218,52
Phosphore	5427,01 ± 439,22
Zinc	0,26 ± 0,01

I.5. Utilisation de la caroube

La caroube est de plus en plus utilisée dans les industries alimentaires pour développer des produits alimentaires innovants aux propriétés fonctionnelles. Les principaux produits dérivés de la caroube sont la farine, la poudre et le sirop, obtenus à partir de la pulpe de caroube. La pulpe de caroube est riche en sucre, en fibres insolubles, en composés phénoliques, en minéraux et en vitamines antioxydantes. Elle est pauvre en matières grasses et en protéines.

La poudre de caroube est souvent utilisée comme substitut du chocolat ou du cacao en raison de sa teneur en polyphénols similaire à celle du cacao. Le sirop de caroube est riche en sucres, en minéraux et en vitamine C. Les graines de caroube contiennent principalement des protéines, ainsi que des sucres et des matières grasses en concentrations plus faibles. Elles sont riches en acides aminés, en acides gras et en composés phénoliques avec un fort potentiel antioxydant. L'endosperme de la graine est utilisé pour la production de gomme de caroube, qui est un polymère naturel utilisé comme stabilisant, épaississant et aromatisant dans l'industrie alimentaire. La farine de germe de graine, qui contient une grande quantité de protéines, est principalement utilisée dans la production d'aliments pour animaux. Enfin, l'enveloppe des graines de caroube est riche en composés phénoliques avec une forte activité antioxydante (**Gioxari *et al.*, 2022**).

I.6. Propriétés pharmacologiques

Récemment, il a été rapporté que la caroube possède de multiples activités pharmacologiques, notamment dans le tractus digestif, incluant des actions antioxydantes, antidiarrhéiques, antibactériennes, anti-ulcéreuses, anti-inflammatoires, une autre étude indique que la caroube possède un effet laxatif sur la propulsion gastro-intestinale (**Özcan *et al.*, 2007**). **Rtibi *et al.* (2017)** ont suggéré que l'arbre à caroube pourrait être utilisé pour prévenir les maladies liées aux radicaux libres en tant que complément alimentaire naturel antioxydant.

II. Fraisier (*Fragaria x ananassa Duch*)

II.1. Présentation générale

Le fraisier (*Fragaria x ananassa Duchesne*) appartient à la famille des *Rosacées* et au genre *Fragaria*, c'est l'arbre producteur de la fraise. La fraise est l'un des fruits les plus populaires à une excellente valeur comestible, délicieux et nutritifs avec une couleur rouge très vibrante, un arôme alléchant, une texture juteuse et une saveur fruitée douce qui en fait l'un des fruits les plus acceptables et plus consommées du monde.

C'est l'un des fruits doux nobles qui est très bien accepté après le raisin. Il possède un goût très succulent avec un arôme distinct et agréable avec une saveur délicate qui est due à la présence de butanoate d'éthyle et d'hexanoate d'éthyle (Gol *et al.*, 2013; Ahrenfeldt *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2023).

II.2. Récolte et consommation

La fraise est un fruit non climatique qui doit être récolté avant ou pendant la pleine maturation pour obtenir le maximum de nutrition, de couleur et de goût. Ils sont donc généralement récoltés juste avant le stade de maturité rouge, et refroidies rapidement pour retarder la surmaturation qui peuvent être entraînés des maladies post-récolte, de contamination microbienne et de changements physico-chimiques (Velickova *et al.*, 2013; Azam *et al.*, 2019; Aftab *et al.*, 2023). Lorsqu'elle est entreposée à 0-5 °C, la durée de conservation, selon l'apparence qu'il peuvent être pratiquement utilisés comme biomarqueurs dans le contrôle de la qualité des produits, est d'environ 7 à 10 jours, selon le cultivar (Vicente *et al.*, 2005).

En général, les fraises sont largement produites et consommées principalement sous forme de fruits frais directement ou avec des salades de fruits frais prêtes à manger, également utilisées dans les aliments fabriqués à l'échelle mondiale en raison de sa saveur douce et de sa valeur nutritionnelle (Villamil-Galindo *et al.*, 2021; Warner *et al.*, 2021; Markovinović *et al.*, 2022).

II.3. Production mondiale

La fraise est une culture à haute valeur économique, nutritionnelle et médicinale, cultivées dans la zone climatique tempérée de nombreux pays et différentes zones climatiques, il s'agit d'un fruit largement cultivé (Carisse *et al.*, 2018; Fan *et al.*, 2021; Cuc *et al.*, 2023). Le choix des variétés de fraises cultivées dans différents pays déterminés non seulement par les conditions météorologiques, climatiques et environnementales, mais aussi par la culture et la tradition agricoles, ainsi que par les possibilités agro-techniques (Neri *et al.*, 2012; Wysocki *et al.*, 2012; Mezzetti *et al.*, 2018; Taghavi *et al.*, 2019; Lapshin *et al.*, 2021).

L'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture rapporte que les fraises demeurent une culture de grande valeur dans le monde et le nombre de pays qui produisent cette culture est en hausse, comme en témoigne l'augmentation de sa production mondiale de 7,6 millions de kg en 2014 à 8,9 millions de kg en 2019 (**Lahiri et al., 2022**).

Tableau III : Production mondiale des fraises (**Newerli-Guz et al., 2023**).

Pays	Production [t]
Chine	2,964,263
États-Unis	1,296,272
Turque	440,968
Corée du Sud	213,054
Russie	199,000
Pologne	195,578
Japon	163,486
Maroc	143,440

II.4. Composition chimique

Les fraises sont particulièrement connues pour leur teneur élevée en vitamine C (60 mg/100g). Ils fournissent également plusieurs autres vitamines en quantités plus faibles, telles que la thiamine, la riboflavine, la niacine et la vitamine B6, et contiennent des vitamines liposolubles, notamment des caroténoïdes, de la vitamine A, de la vitamine E et de la vitamine K. Les fraises sont l'une des sources naturelles les plus riches en folate (43 µg pour 100 g de fruit frais) et présentent une activité antioxydante remarquablement élevée. Ils sont également une bonne source de manganèse, d'iode, de magnésium, de cuivre, de fer et de phosphore (**Miller et al., 2019**). De plus, les fraises sont riches en composés bioactifs, principalement représentés par des flavonoïdes, en particulier des anthocyanidines, suivis d'acides phénoliques tels que l'acide hydroxycinnamique et l'acide hydroxybenzoïque (**Capocasa et al., 2008**).

II.5. Propriétés pharmacologiques

En plus des nutriments de base, les fraises font partie des 52 sources alimentaires les plus riches en phytochimiques, principalement représentés par des composés phénoliques, un groupe important et hétérogène de composés non-nutritifs biologiquement actifs, présentant de nombreuses fonctions non essentielles chez les plantes et de différentes activités biologiques chez les humains (**Koraqi et al., 2023**). En effet, les polyphénols des fraises sont principalement connus pour leur action antioxydante et anti-inflammatoire, et possèdent des propriétés antimicrobiennes, anti-allergiques, anti-hypertensives, ainsi que la capacité d'inhiber les activités

de certaines enzymes physiologiques et récepteurs, prévenant ainsi les maladies liées au stress oxydatif (**Giampieri *et al.*, 2015**).

Ainsi, la fraise contient des quantités élevées de vitamine C (40 à 120 mg/100 g de fruits). Ce dernier joue un rôle important dans de nombreuses fonctions métaboliques. C'est un antioxydant qui protège le corps des effets nocifs des radicaux libres et est utilisé comme agent thérapeutique dans de nombreuses maladies et troubles (**Naidu *et al.*, 2003; Carr *et al.*, 2017; Kumra *et al.*, 2018; Kilic *et al.*, 2023**).

Matériel et Méthodes

I. Présentation générale de la partie pratique

Notre travail a été réalisé au sein du laboratoire de Biochimie de l'université Mohamed El Bachir El Ibrahimi à Bordj Bou Arreridj.

Cette partie comporte différents volets ;

- Préparation de la poudre de la caroube
- Préparation de notre boisson de caroube
- Préparation des formules caroube- fraise
- Analyses physico-chimiques de la poudre
- Analyses physico-chimiques des formules
- Analyse sensorielle des formules

I.1. Achat de la caroube

La matière première est constituée de gousses de caroube mures destinées à la consommation.

I.2. Nettoyage

Les gousses ont été débarrassées des déchets et lavées 2 à 3 fois jusqu'à ce qu'elle soit bien nettoyée, le lavage doit être aussi rapide que possible.

I.3. Séchage

La matière végétale a été déposée sur une plaque et séchée à l'abri de la lumière pendant 1 jour puis dans l'étuve à 45°C, pour assurer le séchage complet des gousses.

I.4. Broyage et tamisage

Après le séchage, les fruits sont coupés en petits morceaux et les graines ont été enlevées manuellement. La matière végétale a ensuite été broyée à l'aide d'un moulin électrique pour obtenir d'une poudre fine. La farine obtenue a été stockée dans des flacons fermés hermétiquement, à l'abri de la lumière et mise dans un environnement sec à température ambiante jusqu'à son utilisation.

II. Préparation de la boisson de caroube

Le mélange de la poudre de caroube avec l'eau, a été pasteurisé à 75 °C jusqu'à 85 °C pendant quelques minutes.

Après refroidissement, le mélange obtenu est pressé manuellement à travers un tissu propre pour extraire le jus et le mettre dans le réfrigérateur dans un flacon en verre à 4°C sans addition de sucre ou autres additifs alimentaires pendant 2 jours jusqu'à son utilisation.

III. Préparation de jus de fraise

Les fraises utilisées sont des échantillons locaux, qui ont été pressé mécaniquement après les avoir lavés. Le jus obtenu a été conservé dans le réfrigérateur dans un flacon en verre à 4 °C sans addition de sucre ou autres additifs alimentaires.

IV. Préparation des formules caroube–fraise

La formulation de la nouvelle boisson a été préparée en utilisant trois différentes combinaisons de caroube et fraise où F1 (100:0, V/V), F2 (75:25, V/V) et F3 (50:50, V/V) en ajoutant des gouttes de citron.

Les formules obtenues sont mises dans des bouteilles en verre puis stockées dans le réfrigérateur.

V. Caractérisations physico-chimiques de la pulpe de caroube

V.1. Détermination du taux d'humidité

Le séchage de la poudre de caroube produit une mesure de leur teneur en humidité. Cela se fait en laissant les échantillons dans une étuve à 105°C pendant 24 heures jusqu'à l'obtention d'un poids constant (**Doymaz *et al.*, 2004**).

Mode opératoire

Une quantité de 2 g de la poudre de caroube a été mise dans une boîte de pétri en verre préalablement séchée et tarée. Ensuite, la boîte placée dans une étuve de type Memmert à 105°C pendant 24 heures. Après refroidissement dans un dessiccateur contenant un desséchant, la boîte a été pesée. L'expérience a été répétée 3 fois.

Expression des résultats

$$\text{Humidité \%} = \left(\frac{m_1 - m_2}{p} \right) \times 100$$

m_1 : Masse de l'échantillon + la masse de la boîte de Petri (Avant dessiccation) (g)

m_2 : Masse de l'échantillon + la masse de la boîte de Petri (Après dessiccation) (g)

p : Masse de l'échantillon (g)

V.2. Détermination du taux de cendres

Le taux de cendres a été déterminé en incinérant des échantillons dans un four à moufle jusqu'à l'obtention d'un résidu blanc (**Boussaid *et al.*, 2020**).

Mode Opératoire

Une quantité de 2 grammes de la poudre de caroube est placée dans un creuset pesé à l'avance. Le creuset avec son contenu placé dans un four à moufle à 550 °C pendant 6 h. Après l'incinération qui consiste à la destruction totale des matières organiques contenues dans l'échantillon. Après refroidissement, le creuset et son résidu a été pesé. L'expérience a été répétée 3 fois.

Expression des résultats

$$Cendre \% = \left(\frac{m_2 - m_0}{m_1} \right) \times 100$$

m_0 : Masse du creuset vide (g)

m_1 : Masse de l'échantillon (g)

m_2 : Masse de l'échantillon incinéré + la masse du creuset (g)

VI. Analyses physico-chimiques de la boisson

VI.1. Détermination du pH

Le pH est déterminé par mesure de la différence du potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse (**Boussaid *et al.*, 2020**). Les valeurs du pH des échantillons ont été mesurées en trois répétitions à l'aide d'un pH-mètre.

Mode opératoire

Un volume de 20 ml de chaque formule a été prélevé. Après agitation à l'aide d'un agitateur magnétique, le pH a été mesuré. La valeur du pH affichée sur l'écran du pH-mètre a été notée. L'expérience a été répétée 3 fois.

VI.2. Détermination du degré Brix

La teneur en sucre dissous dans une solution est évaluée en utilisant les échelles de mesure du Brix, du Baume ou de l'Oechsle. Cependant, dans l'industrie alimentaire et des boissons, l'unité la plus couramment utilisée est le Brix. Il représente la concentration de solides dissous dans un liquide, mesurée à l'aide d'un réfractomètre. Un °B correspond à la présence de 1 gramme de saccharose dans 100 g de solution (**Jaywant *et al.*, 2022**).

Mode opératoire

Une goutte de l'échantillon a été mise sur la plaque du refractomètre préalablement nettoyé et séché avec l'eau distillée. Le degré Brix a été lu directement sur l'échelle à l'intersection de la limite entre la frange claire et la frange foncée (Azab *et al.*, 2017). Les mesures ont été répétées 3 fois.

VI.3. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable consiste à titrer une solution aqueuse avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH), en présence d'un indicateur coloré ; la phénolphthaléine. L'acidité titrable des boissons a été exprimée en équivalent d'acide citrique.

Mode opératoire

Un volume de 20 ml de boisson a été déposé dans une fiole jaugée avec 80 ml d'eau distillée déjà bouillie. La titration s'est effectuée (Après l'ajout de quelques gouttes de phénolphthaléine) avec le NaOH (0,1 N) en agitant jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 seconde (Ilkay et Aziz, 2011). L'expérience a été répétée 3 fois.

Expression des résultats

$$TA = \frac{V \times 0,1N(\text{NaOH}) \times 0,067 \times 100}{m}$$

V : Volume de la prise d'essai

m : Masse du produit prélevé

VI. 4. Détermination de la turbidité

La turbidité est définie comme une diminution de la transparence du liquide due à la présence de substances en suspension ou colloïdales, ce qui conduit à la réflexion et à la diffusion de la lumière au lieu de sa transmission droite, et que la propagation accrue de la lumière provoque une turbidité croissante, en général évalué par spectrophotométrie UV-visible (Al-Fahdawi 2014; Linke *et al.*, 2016; Stounbjerg *et al.*, 2018; Hamad *et al.*, 2022).

Mode opératoire

Un volume de 5 ml de boisson a été centrifugé à 5000 tours/min pendant 10 min à 20° C, le surnageant a été récupéré. L'indice de trouble a été mesurée en tant que l'absorbance de surnageant obtenu à une longueur d'onde de 660 nm.

VI.5. Détermination de l'indice de brunissement

Le brunissement non enzymatique, également connu sous le nom de brunissement par oxydation, est un processus chimique qui entraîne la formation d'une coloration brune sur les aliments en l'absence d'activité enzymatique. Ce phénomène peut se produire pendant le traitement et le stockage des aliments. Outre la diminution de la qualité visuelle, le brunissement non enzymatique entraîne également des modifications indésirables de la saveur et une perte de nutriments (**Barba *et al.*, 2012**).

Mode opératoire

Un volume de 5 ml de boisson a été centrifugé à 5000 tours/s pendant 20 min à 18 °C, le surnageant a été récupéré. Un volume d'éthanol a été ajouté au surnageant (1/1, V/V) puis centrifugé à nouveau. L'indice de brunissement a été mesuré en tant que l'absorbance de surnageant à 420 nm.

VII. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle, également appelée métrologie sensorielle, englobe l'ensemble des méthodes, des outils et des instruments utilisés pour évaluer de manière précise les caractéristiques organoleptiques d'un produit. Ces caractéristiques font appel aux organes sensoriels humains tels que le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. L'analyse sensorielle permet de décrire et de quantifier de manière systématique toutes les perceptions humaines associées à un produit (**Lefebvre et Bassereau, 2003**).

L'évaluation de la qualité organoleptique des différentes boissons formulés a été réalisée par dégustation (30 personnes) choisi aléatoirement dont une fiche de dégustation (**En annexe**) a été distribué.

La texture, la couleur, le goût et l'odeur ont été évalués sur la base d'une échelle hédonique allant de « Fortement désagréable » à « Fortement agréable » avec des catégories intermédiaires.

Résultats et Discussion

I. Caractérisation physico-chimique de la poudre de caroube

Les caractéristiques physico-chimiques de la poudre de caroube sont illustrées dans le tableau IV.

Tableau IV : Caractérisations physico-chimiques de la poudre de caroube (Moy ± SD).

Paramètres	Cendres (%)	Humidité (%)
Présente étude	2,60 ± 0,17	6,19 ± 0,52
Eldeeb et Mosilhey, 2022	4,30 ± 0,11	10,04 ± 0,001
Petkova et al., 2017	2,25 ± 0,02	7,56 ± 0,16

D’après les résultats obtenus, la poudre de caroube présente un taux de cendres et d’humidité relativement faible 2,60 ± 0,17% et 6,19 ± 0,52% respectivement, ce qui est favorable pour prolonger la durée de conservation de la poudre de caroube.

Les résultats de la présente étude sont proches à ceux obtenus par **Petkova et al. (2017)**, et sont inférieur à ceux signalés par **Eldeeb et Mosilhey. (2022)**.

La différence observée entre les résultats de cette étude et ceux rapportés par **Eldeeb et Mosilhey. (2022)** peut être attribuée à plusieurs facteurs. Il est possible que la durée et la température utilisées dans le processus de séchage n'aient pas été suffisantes. De plus, la variété de fruits utilisée, le stade de maturation lors de la récolte et les conditions de mouture peuvent également avoir joué un rôle dans ces différences.

II. Paramètres physico-chimiques des boissons formulées

Les résultats des paramètres physico-chimiques de la nouvelle boisson sont illustrés dans le tableau V.

Tableau V : Effet de la formule sur les paramètres physico-chimique de la boisson formulée

Formule	F ₁ 100 % Caroube	F ₂ 75% Caroube	F ₃ 50 % Caroube
pH	5,26 ± 0,02	4,68 ± 0,005	4,42 ± 0,02
Acidité titrable (%)	0,16 ± 0,05	0,19 ± 0,02	0,20 ± 0,03
°Brix	16,73 ± 0,001	14,43 ± 0,0005	12,23 ± 0,002
Indice de brunissement	0,58 ± 0,23	0,57 ± 0,03	0,60 ± 0,12
Indice de trouble	0,16 ± 0,47	0,12 ± 0,007	0,40 ± 0,17

II.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

D'après les résultats obtenus (**Tableau V**), le pH minimal de $4,42 \pm 0,02$ a été observé en F₃, tandis que le pH le plus élevé ($5,26 \pm 0,02$) a été enregistré en F₁ (100% caroube). Ces résultats sont en concordance avec ceux de **Ibrahim et al. (2022)**. L'augmentation de l'acidité au niveau de F₂ et F₃ est due principalement à l'ajout de jus de fraise, très riche en acide citrique et en vitamine C. Dans une étude portant sur la possibilité d'enrichissement d'une boisson avec la poudre de caroube, **Ali et al. (2022)** ont rapporté que le pH de la caroube est d'environ $5,46 \pm 0,04$, cette valeur est très proche à celle trouvée dans la présente étude.

II.2. Acidité titrable

La valeur maximale de l'acidité titrable a été notée dans la formule F₃ ($0,20 \pm 0,03\%$), tandis que la valeur minimale a été enregistrée dans la formule F₁ ($0,16 \pm 0,05\%$).

La diminution de l'acidité observée est due probablement à la richesse du boisson F₃ en acides organiques comparativement au boisson F₁, qui en contient moins. À titre d'exemple, la fraise contient approximativement une teneur en vitamine C de ($23,16 \pm 2,32$ mg/100 g de fruits) (**Miller et al., 2019**).

II.3. Degré de Brix

D'après le tableau V, le degré de Brix diminue progressivement en ajoutant la proportion de jus de fraise dans le mélange, cela est expliqué par la faible teneur en polysaccharides (pectine, cellulose et hémicellulose), en monosaccharides et en oligosaccharides des fraises comparativement à la boisson de caroube.

Ibrahim et al. (2020) ont signalé que le Brix de caroube est de $16,16 \pm 0,06$. Par contre **(Ali et al., 2022)** ont rapporté que la teneur en TSS de boisson (100% caroube) est de $9,00 \pm 0,05$. Les valeurs de Brix indiquent le stade de maturité de fruit, si le degré est faible (Généralement inférieur à 11%), le fruit n'est généralement pas mûr pour la consommation. Par contre un °B situé entre 11 et 16 ou plus montre que le fruit est à bonne maturité pour la dégustation **(Piard et al., 2014)**.

II.4. Indice de brunissement

Le brunissement des jus de fruits est associé principalement à la réaction de Maillard et à la production consécutive d'hydroxyméthylfurfural (HMF). Les niveaux de HMF sont linéairement corrélés à l'intensité du traitement thermique et aux changements de couleur. D'après le tableau V ; plus la proportion de la fraise est forte, plus IB est élevé, cela peut être due aux réactions de sucres réducteurs, d'acides aminés, de l'acide ascorbique ainsi que la dégradation des anthocyanes **(Barba et al., 2012; Zou et al., 2017; Dorris et al., 2018)** ont étudié un mélange de jus d'orange et de lait, et ils ont trouvés des valeurs d'indice de brunissement similaires à celles trouvées dans la présente étude, avec des valeurs comprises entre 0,04 et 0,05.

II.5. Indice de trouble

La turbidité est une mesure de la réduction de transparence d'un liquide causée par la présence de matières non dissoutes. Elle est étroitement liée à la présence de particules en suspension. La turbidité résulte des interactions entre les ondes lumineuses et les particules en suspension, qui déterminent la capacité de la suspension à diffuser et/ou absorber la lumière incidente. Elle dépend de facteurs tels que le nombre, la taille, la forme et l'indice de réfraction des particules en suspension. La turbidité permet d'estimer indirectement la concentration de particules en suspension, ce qui en fait un paramètre pertinent pour quantifier indirectement les matières en suspension dans les suspensions.

D'après les résultats obtenus **(Tableaux V)**, on remarque une augmentation de IT, plus il y a de jus de fraise, plus il y a d'augmentation de IT. Les résultats obtenus dans cette étude sont considérablement plus bas que ceux rapportés par **Barba et al. (2012)**, qui ont étudié le mélange jus d'orange-lait et ont obtenu des valeurs de 2,3 et 2,4.

La pectine méthylestérase (PME) est libérée dans le jus lors de l'extraction, elle hydrolyse les liaisons ester de la pectine dans le jus d'agrumes provoquent la diminution de la stabilité de l'indice de trouble. **Iftikhar et al. (2014)** rapportent que les particules de la pectine sont responsables de la turbidité des jus de fruits.

III. Qualité sensorielle

La figure 02 représente l'appréciation des boissons par les dégustateurs

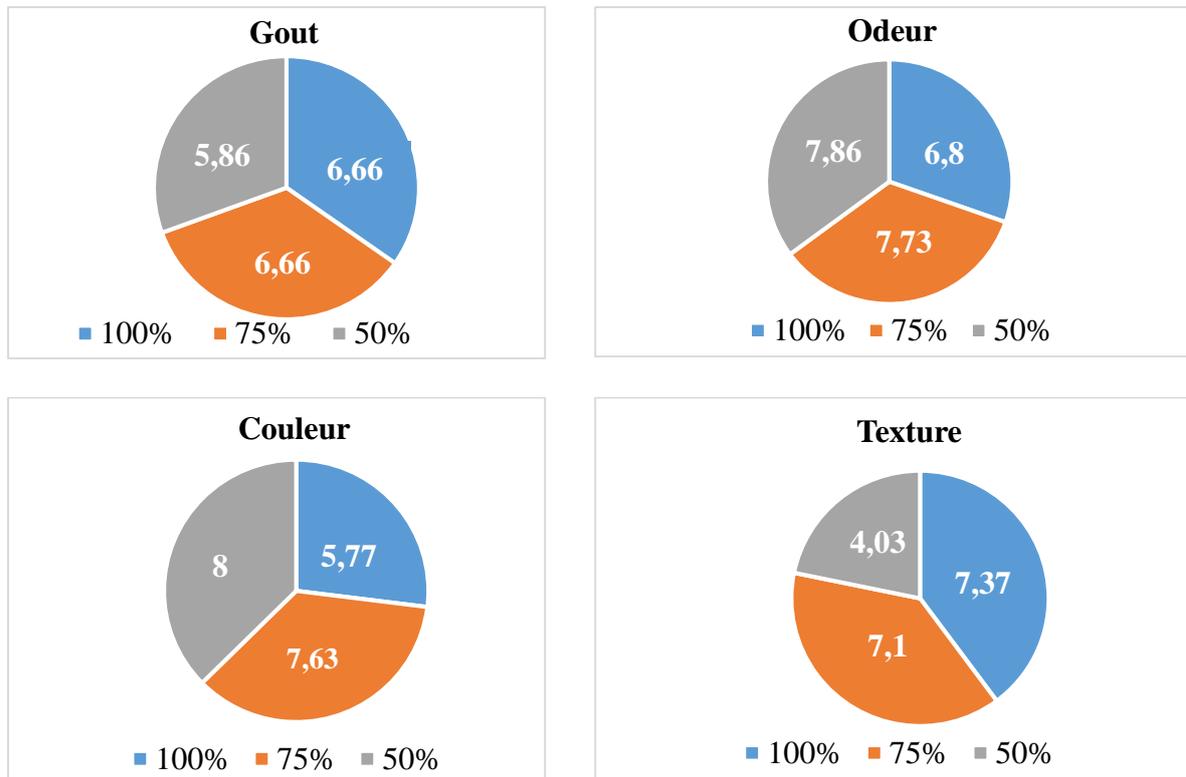


Figure 02 : Effet de la formule sur les caractéristiques des boissons formulées

Les tests hédoniques sont conçus pour mesurer le degré d'appréciation d'un produit. On se sert d'échelles de catégories allant de « Fortement désagréable » à « Fortement agréable » avec des catégories intermédiaires (Watts *et al.*, 1991).

Le goût est perçu par les papilles gustatives de la langue lorsqu'elles sont stimulées par des substances solubles. Il englobe les sensations salées, sucrées, acides et amères. D'après la figure 02, les deux formules F1 et F2 ont le même goût qui est mieux par rapport à la F3.

L'odeur est une caractéristique perceptible par l'organe olfactif. Dans cette étude, l'odeur la plus appréciée était celle de la formule F3, suivi par la F2 puis la F1.

La couleur est définie comme la perception résultant de l'interaction de la lumière avec un objet. La couleur la plus évaluée était celle de la F3 suivi par F2 et F1 respectivement.

La texture d'un produit fait référence à un ensemble de caractéristiques mécaniques, géométriques et de surface qui peuvent être perçues par les récepteurs tactiles, visuels et auditifs. Elle se rapporte aux qualités des aliments qui peuvent être ressenties en touchant avec les doigts, la langue, le palais ou les dents. Dans le cadre de cette étude, la texture la plus préférée était celle de la boisson de caroube 100%.

À la suite de ces résultats, il semblerait que les boissons formulées présentent une bonne qualité physico-chimique et sensorielle. Elles peuvent être considérées comme un produit alimentaire fonctionnel de forte valeur nutritionnelle et fonctionnelle.

La teneur élevée en fibres alimentaires et les composés bioactifs du fruit de caroube et de ses produits (poudre, farine et boisson), ainsi que leurs effets bénéfiques sur les maladies gastro-intestinales, le diabète, l'hyperlipidémie, l'inflammation et le stress oxydatif, font des produits à base de caroube des ingrédients alimentaires novateurs, qui ont le potentiel d'être utilisés dans le développement d'une grande variété de produits alimentaires bénéfiques pour la santé. L'incorporation du fruit de caroube et de ses dérivés dans les formulations alimentaires améliore la valeur nutritionnelle et fonctionnelle et améliore la fonctionnalité technologique en conférant des propriétés rhéologiques bénéfiques et en prolongeant la durée de conservation des produits finaux (**Brassesco *et al.*, 2021**), ces données sont validées et confirmées par plusieurs études (**Sidina *et al.*, 2009; Fadel *et al.*, 2011; Rtibi *et al.*, 2017; Lakkab *et al.*, 2018; Salih et Jilal 2020**).

Conclusion générale et perspectives

L'utilisation des fruits de caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) dans l'alimentation est peu connue dans la plupart des régions du monde. La seule utilisation industrielle de la caroube réside dans ses graines d'où la gomme est extraite.

La pulpe de caroube, obtenue après séparation des graines, constitue une bonne source de fibres alimentaires, de sucres et d'une gamme de composés bioactifs tels que les polyphénols. Ces composés bioactifs présents dans la pulpe sont révélés bénéfiques pour le contrôle de nombreux problèmes de santé tels que le diabète, les maladies cardiaques et le cancer du côlon en raison de leurs activités antidiabétiques, antioxydantes et anti-inflammatoires. Cette pulpe peut transformer en poudre et servir comme matière première pour l'industrie agroalimentaire.

L'objectif de cette étude repose sur la valorisation de la caroube afin d'élaborer une boisson fonctionnelle riche en antioxydants naturels par l'ajout de la caroube au jus de fraise à différentes proportions (50, 75 et 100 %) ainsi l'évaluation des propriétés physico-chimique et organoleptiques des formules obtenues.

D'après les résultats des analyses physico-chimiques, il s'est avéré que l'ajout de la boisson de caroube au jus de fraise augmente le taux de Brix, l'indice de brunissement, l'indice de trouble ainsi que le pH et diminue l'acidité titrable des nouvelles formules.

L'évaluation sensorielle des boissons formulées a montré que l'incorporation de caroube a un effet sur la qualité sensorielle du jus de fraise et qu'elle était bien appréciée par les dégustateurs.

En perspective, ce travail est encore préliminaire, il sera donc très important de mener une étude complète sur l'utilisation de la pulpe de caroube en tant qu'ingrédient riche en composés bioactifs, dans la préparation des boissons fonctionnelles et faire des autres analyses comme :

- Réalisation des analyses microbiologiques
- Etude des conditions de conservation
- Détermination de l'activité antioxydante
- Dosage des protéines
- Dosage des composés bioactifs

Annexe



Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy
Bordj Bou Arréridj

Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de L'Univers
Département : Sciences Biologiques
Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Fiche de dégustation

Sexe :

Age :

Des échantillons de boissons vous sont donnés et vous êtes prié(e) de les goûter afin d'évaluer les caractéristiques suivantes : odeur, goût, texture (consistance) et couleur. Veuillez attribuer une note sur une échelle de 2 à 10 pour chaque échantillon.

Échelle

- 1- Extrêmement agréable (10 points)
- 2- Très agréable (8 points)
- 3- Agréable (6 points)
- 4- Désagréable (4points)
- 5- Très désagréable (2 points)

Échantillon (100 % Caroube)

	1	2	3	4	5
Odeur					
Gout (saveur)					
Texture (consistance)					
Couleur					

Échantillon (75 % Caroube : 25 % Fraise)

	1	2	3	4	5
Odeur					
Gout (saveur)					
Texture (consistance)					

Couleur					
---------	--	--	--	--	--

Échantillon (50 % Fraise : 50 % Fraise)

	1	2	3	4	5
Odeur					
Gout (saveur)					
Texture (consistance)					
Couleur					

Remarques

- ✓ Rincez la bouche avec de l'eau après chaque dégustation.
- ✓ Patientez quelques instants avant de poursuivre avec l'autre échantillon.

Merci pour votre coopération

Références bibliographiques

-A-

Aftab A., Maira A, Zubaida Y., Dalal N. B., Sajjad H., Zill A. & Zainab M. (2023). Shelf-life Extension of *Fragaria* × *Ananassa* Duch. Using Selenium Nanoparticles Synthesized from Cassia Fistula Linn. Leaves. Food Science & Nutrition.

Ahrenfeldt E.J., Klatt B.K., Arildsen J., Trandem N., Andersson, G.K.S., Tschardtke, T., Smith H.G. & Sigsgaard L. (2015). Pollinator communities in strawberry crops—variation at multiple spatial scales. Bull. Entomol. Res 105, 497–506.

Akouz A., Aziz H., Juan Pablo F., Hicham E, Reda E. & Abdelali Boulli. (2023). Optimization of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.) Pulp Powder Roasting to Improve Its Quality by Using Central Composite Design. Food and Bioprocess Technology

Al-Fahdawi WFJ. (2014). Producing natural soft beverages from some medicinal herbs and studying their chemical, physical and microbial properties. Master's thesis, Department of Food Sciences - College of Agriculture - Tikrit University.

Ali H.A., Al-khalifa R., Aboelsood W., Barih G. & Farouk A. (2019). Influence of Spray-Drying on Improving the Quality of Dried Carob Juice. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 11 (4): 391-399

Azab A. (2017). Carob (*Ceratonia Siliqua*) Health, Medicine, Chemistry. European Chemical Bulletin 6 (10): 456.

Azam M., Ejaz S., Rehman, R. N., Khan M. & Qadri, R. (2019). Postharvest quality management of strawberries. Strawberry-Pre-and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality.

-B-

Barba F.J., Clara C., María J. E. & Ana Frígola. (2012). « Study of Antioxidant Capacity and Quality Parameters in An Orange Juice–Milk Beverage After High-Pressure Processing Treatment ». Food and Bioprocess Technology 5 (6): 2222-32.

Battle I., & Tous J. (1997). Carob Tree (*Ceratonia Siliqua* L.). Rome, Italy: IPGRI.

Références bibliographiques

Boublenza I., El haitoum A., Ghezlaoui S., Mahdad M., Vasaï F. & Chemat F. (2019). « Algerian Carob (*Ceratonia Siliqua L.*) Populations. Morphological and Chemical Variability of Their Fruits and Seeds ». *Scientia Horticulturae* 256 (octobre): 108537.

Boublenza I., Lazouni H. A., Ghaffari L., Ruiz K., Fabiano-Tixier A. S. & Chemat F. (2017). Influence of roasting on sensory, antioxidant, aromas, and physicochemical properties of carob pod powder (*Ceratonia siliqua L.*). *Journal of Food Quality*, 10 pages.

Boussaid L., Aguedal H., Iddou A. & Bouras N. (2020). Aperçu sur les caractéristiques physicochimiques et biochimiques de trois sirops de dattes (Rob) élaborés traditionnellement dans la région d'Adrar (Algérie). *International Journal of Natural Resources and Environment*, 2, 8.

Brassesco M. E., Teresa R.S., Brandão C Silva L.M. & Manuela Pintado. (2021). Carob Bean (*Ceratonia Siliqua L.*): A New Perspective for Functional Food. *Trends in Food Science & Technology* 114 (août): 310-22.

-C-

Capcanari T., Aurica C., Oxana R., Eugenia C., Violina P. & Rodica Siminiuc. (2022). Functional Profile of Carob (*Ceratonia Siliqua L.*) Beans and Pod Pulp Originated from the Republic of Moldova. *Czech Journal of Food Sciences*, 40 (No. 6): 465-73.

Capocasa, F., Diamanti J., Mezzetti B., Tulipani S. & Battino M. (2008). « Breeding Strawberry (*Fragaria X Ananassa* Duch) to Increase Fruit Nutritional Quality ». *BioFactors* 34 (1): 67-72.

Carisse O. & McNealis V. (2018). Identification of weather conditions associated with the occurrence, severity, and incidence of black seed disease of strawberry caused by *mycosphaerella fragariae*. *Phytopathology*, 108(1), 83–93.

Carr A. C., Maggini S. (2017). Vitamin C and Immune Function. *Nutrients*, 9, 1211.

Cuc I., Alexandra E.F., Universidad D.P. & Pamplona C. (2023). « Spectral Signature of Leaf Spot (*Mycosphaerella Fragariae* (Tul.)) in Strawberry Plants (*Fragaria x Ananassa* Duch) Related to NDVI and NDRE Index ». *INGE CUC*, 19 (2).

-D-

Deda O., Olga B., Helen G., Georgios T. & Agapios Agapiou. (2023). Optimization of Carob Products Preparation for Targeted LC-MS/MS Metabolomics Analysis. *Metabolites*, 13 (5): 645.

Dorris M. R., Voss D. M., Bollom M. A., Krawiec-Thayer M. P. & Bolling B. W. (2018). Browning Index of Anthocyanin-Rich Fruit Juice Depends on pH and Anthocyanin Loss More Than the Gain of Soluble Polymeric Pigments. *Journal of Food Science*, 83(4), 911–921.

Doymaz I., Gorel O. & Akgun N.A. (2004). Drying characteristics of the solid by product of olive oil extraction. *Biosynthèse Engine*, 88, 213-219.

Durazzo A., Turfani V., Narducci V., Azzini E., Maiani, G. & Carcea M. (2014). Nutritional characterization and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chemistry* 153, 109-113.

-E-

Eldeeb G.S.S. & Mosilhey S.H. (2022). Roasting Temperature Impact on Bioactive Compounds and PAHs in Carob Powder (*Ceratonia Siliqua* L.). *Journal of Food Science and Technology*, 59 (1): 105-13.

-F-

Fadel F., Fattouch S., Tahrouch S., Lahmar R., Benddou A. & Hatimi A. (2011). « The phenolic compounds of *Ceratonia siliqua* pulps and seeds (Les composés phénoliques des pulpes et des graines de *Ceratonia siliqua*) ».

Fan Z., Hasing T., Johnson T.S., Garner D.M., Schwieterman M.L., Barbey C.R., Colquhoun T.A., Sims C.A., Resende M.F.R. & Whitaker V.M. (2021). Strawberry sweetness and consumer preference are enhanced by specific volatile compounds. *Hortic. Res.*, 8, 66.

FAOSTAT. (2020). Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fidan H., Stankov S., Petkova N., Petkova Z., Iliev A., Stoyanova M., Ercisli S., Zhelyazkov N., Ibrahim S. & Stoyanova, A. (2020). Evaluation of Chemical Composition,

Références bibliographiques

Antioxidant Potential and Functional Properties of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.) Seeds. *J. Food Sci. Technol*, 57(7), 2404–2413.

-G-

Galanakis C. M. (2021). Functionality of food components and emerging technologies. *Foods*, 10(1), 128.

Giampieri F., Forbes-Hernandez T.Y., Gasparri M., Alvarez-Suarez J.M., Afrin S., Bompadre S. & Battino M. (2015). Strawberry as a health promoter: An evidence based review. *Food Funct*, 6, 1386–1398.

Gioxari A., Charalampia A., Irimi N., Eleni G., Harris P., Nick K., Nikolaos K. A. & Andriana C. K. (2022). « Carob: A Sustainable Opportunity for Metabolic Health ». *Foods* 11 (14): 2154.

Gol NB., Patel PR. & Rao T.R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology* 85:185-195.

-H-

Hafez H. & Mahgoub A. (2023). Utilization of Carob Bean Pulp and Seeds in Preparing Functional Cup- Cake and Tortilla Bread. *Food Technology Research Journal*, Vol. 1, issue 1, 1-14.

Hamad, H.E., Sabra S. Y. & Hind M.S. (2022). Estimation of the Production of Non-Dairy Functional Beverages Using Turbidity Measurement, EC and TDS.

Higazy M., ELDifrawy E., Zeitoun M., Shaltout O. & El-Yazeed A. (2018). Nutrients of Carob and Seed Powders and Its Application in Some Food Products. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 23(1), 130-147.

Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G.R.; Merenstein D.J., Pot B., Morelli L., Canani R.B., Flint H.J., Salminen S. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol*, 11, 506–514.

-I-

Ibrahim R.M., Abdel-Salam F.F. & Farahat E. (2020). Utilization of Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Extract as Functional Ingredient in Some Confectionery Products. Food and Nutrition Sciences, 11, 757-772.

Iftikhar T., Wagner M. E. & Rizvi S. S. (2014). Enhanced Inactivation of Pectin Methyl Esterase in Orange Juice Using Modified Supercritical Carbon Dioxide Treatment. International Journal of Food Science & Technology, 49(3), 804–810.

Ilkay T. & Aziz E. (2011). «Brix degree and sorbitol/xylitol level of anthntic pomegranate (*Punica gramatum*) juice. Food Chemistry 127: 1404-1407

-J-

Jaywant., Swapna A., Harshpreet S. & Khalid M A.A. (2022). « Sensors and Instruments for Brix Measurement: A Review ». Sensors 22 (6): 2290.

-K-

Kilic N. (2023). Synergistic Effect of Organic and Biofertilizers on Strawberry Cultivation. *Sustainability*, 15 (10): 8206.

Koraqi H., Anka T P., Waseem K, Sehrish A., Ambreen S. & Jose M.L. (2023). Optimization of the Extraction Conditions of Antioxidant Phenolic Compounds from Strawberry Fruits (*Fragaria x Ananassa* Duch.) Using Response Surface Methodology. Food Analytical Methods.

Krokou A., Stylianou M. & Agapiou A. (2019). Assessing the volatile profile of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.). Environmental Science and Pollution Research, 26: 35365–35374.

KumraR.R., Saravanan S., Bakshi P., Kumar A., Singh M. & Kumar V. (2018). Influence of plant growth regulators on Strawberry: A review. Int. J. Chem. Stud, 6, 1236–1239.

-L-

Lahiri S., Hugh A. S., Midhula G., Gagandeep K & Montemayor J.D. (2022). Arthropod Pest Management in Strawberry. *Insects*, 13 (5): 475.

Lakkab I., El Hajaji H., Lachkar N., El Bali N., Lachkar M. & Ciobica A. (2018). « Phytochemistry, Bioactivity: Suggestion of *Ceratonia Siliqua L* . as Neurodegenerative Disease Therapy ». Journal of Complementary and Integrative Medicine 15 (4): 20180013.

Références bibliographiques

Lapshin V., Yakovenko V. & Shcheglov S. (2021). Genotypic assessment of productivity and quality of berries of strawberry varieties. *BIO Web Conf*, 34, 02004.

Lefebvre A & Bassereau J.F. (2003). « L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages. », 3-11.

Linke C & Drusch S. (2016). Turbidity in oil-in-water-emulsions - Key factors and visual perception. *Food Res. Int*, vol. 89, pp. 202–210.

Liu J., Min C., Weihua M., Lifang Z., Bing Z., Huiting Z. & Yusuo J. (2023). Composition of Strawberry Flower Volatiles and Their Effects on Behavior of Strawberry Pollinators, *Bombus Terrestris* and *Apis Mellifera*. *Agronomy* 13 (2): 339.

Loullis A. & Eftychia P. (2018). Carob as Cocoa Substitute: A Review on Composition, Health Benefits and Food Applications. *European Food Research and Technology*, 244 (6): 959-77.

-M-

Mahdad M.Y. & Gaouar S.B.S. (2016). Le Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans le Nord-ouest de l'Algérie : Situation et perspectives d'amélioration. Editions Universitaires Européennes.

Mahdad Y M., Mediouni R.M., Selka N., Viruel J. & Gaouar S.B.S. (2022). Functional Diversity Based on Morphometric Analysis and Identification of the Algerian Carob Tree (*Ceratonia Siliqua* L.) Cultivars. *Genetics & Biodiversity Journal*, 6 (2): 1-20

Markovinović B.A., Putnik P., Duralija B., Krivohlavek A., Ivešić M., Mandić Andačić I., Palac Bešlić I., Pavlić B., Lorenzo J M. & Bursać Kovačević D. (2022). Chemometric valorization of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. 'Albion' for the production of functional juice: the impact of physicochemical, toxicological, sensory, and bioactive value. *Foods*, 11(5):640.

Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y.-T. & Zhong C-F. (2018). Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *J. Berry Res*, 8, 205–221

Références bibliographiques

Miller K., Feucht, W. & Schmid M. (2019). Bioactive Compounds of Strawberry and Blueberry and Their Potential Health Effects Based on Human Intervention Studies: A Brief Overview. *Nutrients*, 11, 1510.

Musa Özcan., Derya M., A. & Harun Gökçalik. (2007). « Some Compositional Properties and Mineral Contents of Carob (*Ceratonia Siliqua*) Fruit, Flour and Syrup ». *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 58 (8): 652-58

-N-

Naghmouchi S., M.L. Khouja A., Romero. J. T& et Boussaid M. (2009). « Tunisian Carob (*Ceratonia Siliqua* L.) Populations: Morphological Variability of Pods and Kernel ». *Scientia Horticulturae* 121 (2): 125-30.

Naidu K.A. (2003). Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutr. J*, 2, 7.

Neri D., Baruzzi, G., Massetani F. & Faedi W. (2012). Strawberry production in forced and protected culture in Europe as a response to climate change. *Can. J. Plant Sci*, 92, 1021–1036.

Newerli-Guz J., Smiechowska M., Drzewiecka A. & Tylingo, R. (2023). Bioactive Ingredients with Health-Promoting Properties of Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duchesne). *Molecules*, 28, 2711.

-O-

Oziyci H.R., Tetik N., Turhan I., Yatmaz E., Ucgun K., Akgul H., Gubbuk H. & Karhan M. (2014). Mineral composition of pods and seeds of wild and grafted carob (*Ceratonia siliqua* L.) fruits. *Sci. Hort.* 167, 149–152.

-P-

Papageorgiou M., Paraskevopoulou A., Pantazi F. & Skendi A. (2020). Cake Perception, Texture and Aroma Profile as Affected by Wheat Flour and Cocoa Replacement with Carob Flour. *Foods*, 9 (11), 1586.

Palaiogianni A., Stylianou M., Sarris, D. & Agapiou A. (2022). Carob-Agro-Industrial Waste and Potential Uses in the Circular Economy. *In Mediterranean Fruits Bio-wastes* (pp. 765-797). Springer, Cham.

Références bibliographiques

Petkova N., Petrova I., Ivanov I., Mihov R., Hadjikinova R., Ognyanov M. & Nikolova V. (2017). Nutritional and Antioxidant Potential of Carob (*Ceratonia Siliqua*) Flour and Evaluation of Functional Properties of Its Polysaccharide Fraction. *J. Pharm. Sci.*, 9.

Piard J., Mazeas G. & Maisonneuve F. (2014). « Comment évaluer la maturité d'une pomme avec des outils de chimie? » 108.

-R-

Rastoin J.L. (2000). Une brève histoire de l'industrie alimentaire. 61-71 p

Rtibi K., Selmi S., Grami D., Amri M., Eto B., El-benna J., Sebai H. & Marzouki L. (2017). « Chemical Constituents and Pharmacological Actions of Carob Pods and Leaves (*Ceratonia Siliqua* L.) on the Gastrointestinal Tract: A Review ». *Biomedicine & Pharmacotherapy* 93 (septembre): 522-28.

-S-

Salih G & Jilal A. (2020). « Utilisation alimentaire de la pulpe de caroube : Formulation et test consommateur ».

Sidina M.M., El Hansali M., Wahid N., Ouatmane A., Boulli A. & Haddioui A. (2009). « Fruit and Seed Diversity of Domesticated Carob (*Ceratonia Siliqua* L.) in Morocco ». *Scientia Horticulturae* 123 (1): 110-16.

Srecec S., Dunkic V., Bezic N., Kremer D. & Erhatic R. (2018). Some doubts and controversies about anatomy of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed coat. Genetics, Plant Breeding and Seed Production. In: 53rd Croatian & 13th international Symposium on Agriculture, Jun 18–23, 2018, Vodice: 216–219.

Stavrou I.J., Christou A. & Kapnissi-Christodoulou C.P. (2018). « Polyphenols in Carobs: A Review on Their Composition, Antioxidant Capacity and Cytotoxic Effects, and Health Impact ». *Food Chemistry* 269 (décembre): 355-74.

Stounbjerg L., Vestergaard C., Andreasen B. & Ipsen R. (2018). Beverage Clouding Agents: Review of Principles and Current Manufacturing. *Food Reviews International*, 34 (7): 613-38.

-T-

Références bibliographiques

Taghavi T., Siddiqui R., Rutto L.K. (2019). The Effect of Preharvest Factors on Fruit and Nutritional Quality in Strawberry. In *Strawberry Pre- and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality*; Toshiki, A., Asaduzzaman, M., Eds.; IntechOpen: London, UK.

Tounsi L., Karra S., Kechaou H. & Kechaou N. (2017). Processing, Physico-Chemical and Functional Properties of Carob Molasses and Powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11 (3): 1440-48.

Turfani V., Narducci V., Durazzo A., Galli V. & Carcea M. (2017). Technological, Nutritional and Functional Properties of Wheat Bread Enriched with Lentil or Carob Flours. *LWT* 78 (mai): 361-66.

-V-

Velickova E., Winkelhausen E., Kuzmanova S., Alves V. D. & MoldãoMartins M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52, 80–90.

Vicente A., Civello P., Martínez G., Powell A., Labavitch J. & Chaves A. (2005). Control of postharvest spoilage in soft fruit. *Stewart Postharvest Review*, 1, 1-11.

Villamil-Galindo E., Van de Velde F. & Piagentini AM. (2021). Strawberry agro-industrial by-products as a source of bioactive compounds: effect of cultivar on the phenolic profile and the antioxidant capacity. *Bioresour Bioprocess*, 8:61.

-W-

Warner R., Wu B S., MacPherson S. & Lefsrud M. (2021). A review of strawberry photobiology and fruit flavonoids in controlled environments. *Front. Plant Sci*, 12:611893.

Watts B M. (1991). « Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments ».

Wysocki K., Banaszkiwicz T. & Kopytowski J. (2012). Factors affecting the chemical composition of strawberry fruits. *Pol. J. Nat. Sci*, 27, 5–13.

-Y-

Yatmaz E. & Turhan I. (2018). Carob as a carbon source for fermentation technology. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16(August), 200–208.

-Z-

Zou B., Xu Y., Wu J., Yu Y. & Xiao G. (2017). Phenolic compounds participating in mulberry juice sediment formation during storage. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, 18, 854–86

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تطوير مشروب وظيفي جديد من الخروب، من خلال الجمع بين نسب مختلفة من الخروب مع عصير الفراولة، وتقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للتركيبات التي تم الحصول عليها وفقاً لنتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية، أدت إضافة مشروب الخروب في عصير الفراولة إلى زيادة مستوى السكر، ومؤشر اللون البني، ومؤشر الضباب ودرجة الحموضة، وكذلك انخفاض في الحموضة القابلة للمعايرة. من الصيغ الجديدة أظهر التقييم الحسي للمشروبات المصنعة أن دمج الخروب كان له تأثير على الجودة الحسية لعصير الفراولة وكان موضع تقدير جيد من قبل المتذوقين

الكلمات الرئيسية: مشروب وظيفي؛ الخروب. عصير فراولة؛ مشروبات مُركبة التحليل الحسي

Summary

The main objective of this study is to develop a new functional beverage using carob, by combining different ratios of carob with strawberry juice, and evaluate the physicochemical and organoleptic properties of the resulting formulations. According to the results of the physicochemical analyses, the addition of the carob beverage to the strawberry juice resulted in an increase in the Brix level, browning index, turbidity index, and pH, while decreasing the titrable acidity of the new formulations. The sensory evaluation of the formulated beverages revealed that the incorporation of carob had an impact on the sensory quality of the strawberry juice and was well appreciated by the tasters

Key words: Functional beverage; carob; Strawberry juice; Formulated beverages; sensory analysis

Résumé

L'objectif principal de cette étude est de développer une nouvelle boisson fonctionnelle à partir de la caroube, en combinant différents ratios de caroube avec du jus de fraise, et d'évaluer les propriétés physico-chimiques et organoleptiques des formulations obtenues.

Selon les résultats des analyses physico-chimiques, l'ajout de la boisson à base de caroube dans le jus de fraise a entraîné une augmentation du taux de Brix, de l'indice de brunissement, de l'indice de trouble et du pH, ainsi qu'une diminution de l'acidité titrable des nouvelles formules.

L'évaluation sensorielle des boissons formulées a révélé que l'incorporation de la caroube a eu un impact sur la qualité sensorielle du jus de fraise et a été bien appréciée par les dégustateurs.

Mots clés : Boisson fonctionnelle ; Caroube ; Jus de fraise ; Boissons formulées ; analyse sensorielle