



REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES -A

Sciences de la Nature et de la Vie Sciences techniques

ISSN : 2661-7064
<http://univ-eltarf.dz/fr/>



La caroube : valorisation et utilisation industrielle

Benabdelmoumene Djilali¹, Bouhrem Ilyes¹, Ghelamallah Amine², Homrani Mounia³, Dahmouni Saïd¹, Bengharbi Zineb¹.

¹ Laboratoire de Physiologie Animale Appliquée, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem Algérie

² Laboratoire de Protection des Végétaux, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem Algérie

³ Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem Algérie.

Informations	Abstract
<p>Mots clés : Caroube, Farine de blé, Viande, Rhéologie, Pouvoir antioxydant.</p> <p>*Correspondance : benabdelmoumenedjilali@hotmail.com</p>	<p>L'objectif de ce travail est de valoriser la caroube selon deux perspectives différentes, la première consiste à connaître le comportement rhéologique de la farine de blé enrichie en poudre de caroube (1%, 2% et 3%). La deuxième consiste à mesurer et à analyser le pouvoir antioxydant de la poudre de caroube sur une viande ovine. Cette étude a confirmé que la poudre de caroube possède un important pouvoir antioxydant. En revanche, la substitution de la farine de blé par une concentration de 1% de poudre de caroube n'affecte pas le comportement rhéologique de la farine. En effet, il optimise les paramètres physicochimiques de la farine (P/L) et la force Boulanger.</p>

1. Introduction

La caroube est l'une des cultures fruitières les plus importées des pays méditerranéens. Leurs productions et consommations ont considérablement augmenté ces dernières années. Elles sont largement utilisées dans la fabrication des jus cuits « pekmez » et de boissons en poudre. L'utilisation du fruit entier dans la consommation humaine est limitée, cependant, en raison du niveau élevé de tanins qui en résulte l'astringence (Bate-Smith, 1973 ; Karkacier et Artık, 1995).

La valorisation de ce genre de produit agricole dans l'alimentation animale fournit de nouvelles matières premières à bas prix pour les animaux d'élevage (Guemouret *et al.*, 2010).

L'incorporation de farine de caroube dans l'alimentation du lapin a montré une bonne fermentation au niveau du caecum en raison de sa forte teneur en fibres solubles avec un effet positif sur l'état de santé après le sevrage (Guenaoui *et al.*, 2019).

La pulpe est le constituant principal de la gousse de caroube (90%), mais actuellement seules les graines (10%) sont utilisées industriellement pour l'extraction de la gomme de caroube. La

pulpe de caroube est reconnue comme une bonne source d'ingrédients bioactifs, tels que des composés phénoliques, dont certains présentent des activités antioxydantes (Makris et Kefalas 2004 ; Sebai *et al.* 2013) et antiprolifératives (Corsi *et al.* 2002).

La caroube en possédant des propriétés technologiques cruciales pourra solutionner plusieurs dilemmes liés à des contraintes économiques et technologiques dans le secteur agroalimentaire.

C'est à partir de ceci que l'objectif majeur du présent travail est tissé sur la valorisation de la Caroube pour rendre ce dernier une ressource noble pour l'industrie alimentaire. La vision de l'étude a été projetée à travers deux perspectives différentes, la première est basée sur l'importante fraction protéique de la caroube notamment les albumines. De ce fait, le premier objectif de l'étude était de substituer la farine de blé par différents pourcentages de poudre de la caroube. Ce qui engendre une réduction à la fois des charges économiques d'un produit de large consommation (blé tendre) et du gluten.

Le deuxième objectif était de mettre en œuvre l'activité antioxydante des phénols de la

caroube comme un antioxydant naturel pour la conservation de la viande ovine ; un produit qui est considéré comme une source importante sur le plan nutritionnel du fait de sa teneur en protéines (Sayd et al., 2014), en vitamines (Duchene et al., 2016), et sa teneur en lipides raisonnable (Geay et al., 2002).

Par ailleurs, l'industrie des produits carnés emploie des antioxydants synthétiques pour prolonger la durée de conservation des viandes à titre d'exemple les hydroxy-anisole butylé (BHA), butylé l'hydroxytoluène (BHT) et le gallate de propyle (PG). Avec la submersion des effets nocifs de ces derniers sur la santé du consommateur, la demande d'emploi des antioxydants naturels augmente (Lorenzo et al., 2018).

2. Matériels et méthodes

2.1 Matériels

2.1.1 Préparation des échantillons

Des gousses matures de caroubier (*Ceratonia Siliqua* L) ont été récoltées de populations sélectionnées de caroubier au niveau de la région de Guelma-Algérie. Ces gousses ont subi un broyage en entier, puis conservées à l'abri de la lumière pour des analyses et des préparations ultérieures.

La viande ovine (*Logissimus Dorsi*) collectée de la boucherie d'un marché de la région de Mostaganem-Algérie et puis hachée dans un hachoir électrodomestique.

En premier lieu, on vise à mesurer l'aptitude nutritionnelle et technologique à la transformation industrielle et/ou artisanale de la caroube, cette mesure est réalisée par dosage des métabolites primaires et secondaires. En second lieu, la poudre issue du broyage entier de la caroube est mélangée avec la farine de blé tendre à des proportions de 1%, 2% et 3%. En dernier lieu, des concentrations de 5% 10% et 15% de la poudre de la caroube sont appliquées sur une viande hachée du gigot afin de mesurer l'indice de fraîcheur progressivement dans des intervalles de temps de 1h, 2h et 4h.

2.2 Méthodes

2.2.1 Détermination de la matière sèche

Une dessiccation de 1g de poudre de caroube réalisée dans une étuve aux températures de 100°C à 105°C, sous la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'opérer dans des vases de tare, placés dans un dessiccateur.

2.2.2 Détermination de la teneur en matière minérale

Une incinération de 2g de poudre de caroube au four à moufle, dans des creusets en porcelaine, à une

température de 900°C est effectuée. L'opération ne sera terminée que lorsque la couleur des résidus deviendra blanc grisâtre, qui se transformera en une couleur blanche après refroidissement.

2.2.3 Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau du noyau est déterminée par la méthode « NF T 60-305, juin (1976) » normalisée, décrite par AFNOR (1982) et qui consiste en un étuvage de la poudre de caroube à raison d'un gramme à 105± 05°C pendant 24 heures.

2.2.4 Dosage des protéines

Le principe est basé sur la minéralisation de la matière organique par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, suivi d'une alcalinisation des produits de la réaction puis d'une distillation et d'un titrage de l'ammoniac libéré (Kjeldahl, 1883). L'azote Kjeldahl de l'échantillon est d'abord transformé en ammoniac par digestion acide dans un batch de minéralisation. L'addition d'une base forte permet de libérer l'ammoniac qui est alors entraîné par de la vapeur d'eau puis ensuite piégé dans une solution d'acide borique. L'ammoniac est alors dosée par une solution d'acide sulfurique de titre connu. Le point d'équivalence est repéré par le changement de coloration d'un indicateur. La teneur en protéines brutes du produit est obtenue en multipliant la valeur obtenue lors de la détermination de la teneur en azote par le facteur 6,25.

2.2.5 Détermination de la teneur en matière grasse

L'extraction par solvant organique (Hexane), spécifique pour la détermination du taux de la matière grasse est réalisée avec un appareil de type Soxhlet. À la fin de l'extraction, on peut admettre que toute la matière grasse est transférée dans le solvant.

2.2.6 Dosage des Phénols totaux

Une prise d'essai de 0.25 g de poudre de caroube est macérée dans 100 ml du mélange acétone/eau (70 % v/v) pendant 90 minutes, à température ambiante. Adaptée par Benchikh et al. (2014) les composés phénoliques totaux (TPC) des extraits ont été évalués par la méthode de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965).

2.2.7 Détermination de l'indice de peroxydation

Les produits secondaires de l'oxydation des lipides les plus couramment dosés sont les aldéhydes. L'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm. Il réagit également avec d'autres aldéhydes résultant de l'oxydation des AGPI (acides gras polyinsaturés) à longue chaîne. La

concentration des substances réactives au TBA (sr-TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraite des échantillons de viande par l'acide trichloracétique (TCA).

2.2.8 Analyse alvéographique

Une préparation de pâte à teneur d'eau constante (farine de blé et eau salée) enrichie avec de la poudre de la caroube. C'est la formation d'éprouvettes à une épaisseur de pâte bien déterminée. Il s'agit d'une extension biaxiale, par gonflement sous forme de bulle, des éprouvettes de pâte laminées. L'enregistrement graphique des variations de pression à l'intérieur de la bulle en fonction du temps, l'appréciation des caractéristiques de la pâte et la surface des alvéogrammes obtenus sont lus directement par l'appareil : ils sont calculés à partir des cinq courbes obtenues. L'analyse est faite au sein du laboratoire d'une meunerie de la région de Mostaganem-Algérie.

2.3 Analyse statistique des résultats

Les données recueillies dans ce plan entièrement randomisé ont été soumises à une analyse de la variance (SAS Institute, 2008) et les moyennes de traitement ont été séparées à l'aide du test de plage multiple de Duncan. Des contrastes à un seul degré de liberté ont été utilisés pour tester les effets globaux de la substitution. Le niveau auquel les différences étaient considérées comme significatives était $p < 0,05$.

3 .Résultats et discussion

3.1 Métabolites primaires et secondaires

Les résultats de la composition chimique en métabolites primaires et secondaires de la caroube sont illustrés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Composition chimique en métabolites primaires et secondaires de la caroube

Composition chimique en Métabolites primaires	Quantité en (%)
Humidité	14,76 ± 0,27
Matière minérale	2,45 ± 0,16
Matière sèche	85,23 ± 0,27
Protéine brute	8,60 ± 0,25
Lipide brut	4,48 ± 0,24
Composition chimique en métabolites secondaires	Mg/g MS
Phénols totaux (CPT)	2,60 ± 0,21

D'après nos résultats (Tableau 1), la quantité d'eau présente dans le fruit est estimée à 14%. Ces résultats sont proches de ceux de Yousif Alghzawi, (2000). Tandis que ceux de Kamal Youssef et al, (2013) sont inférieures aux nôtres. Ces auteurs expliquent cette différence par l'influence des facteurs pédo-climatiques, de la variété du caroubier et des préalables de l'analyse (intervalle de temps entre la récolte et l'affectation des analyses).

3.1.2 Lipides

La teneur en lipides (Tableau 1) est légèrement supérieure par rapport à celle trouvée par Kamal Youssef et al. (2013) qui comprenait seulement la poudre de la pulpe de la caroube alors que la graine renferme la proportion la plus importante en lipides.

3.1.3 Matière minérale

La teneur en matières minérales de la caroube (Tableau 1) s'accorde à celle de Kamal Youssef et al, (2013), ces teneurs s'expliquent par la provenance géographique des échantillons, notamment les conditions climatiques et les caractères édaphiques des sols. Selon Kamal et al, (2013), le soufre prédomine avec 17 577,80 mg/Kg suivis par le phosphore en quantité de 2255,21 mg/Kg, le calcium avec 22 123 mg/Kg ainsi que des éléments trace : fer, manganèse, zinc et cuivre.

3.1.4 Protéines brutes

Les teneurs en protéines (Tableau 1) sont légèrement supérieures à celle de Kamal E. Youssef et al, (2013). Les recherches de Yousif et Alghzawi, (2000) indiquent que l'acide aspartique était l'acide aminé le plus abondant (4,13 mg/g de poids sec) suivi par l'alanine (2,76 mg/g de poids sec). En contrepartie, la quantité de la paire cystéine-méthionine était notablement faible, la lysine 0,26 mg/g poids sec) plutôt que la paire d'acides aminés précédents était l'acide aminé le moins abondant. Ayaz et al, (2009) affirment que la composition en acides aminés de la caroube est acceptable et bien équilibrée sauf la lysine, en comparaison avec le taux standard de protéines déclaré par l'OMS (Organisation mondiale de la santé)

3.1.5 Phénols totaux

Nos résultats illustrés dans le Tableau 1 rejoignent ceux d'Avallone et al, (1997) et d'Owen et al, (2003). Ils sont légèrement inférieurs par rapport à ceux trouvés par Ortega et al, (2011). Cette différence s'interprète par la provenance géographique, la variété et le degré de maturité. Kamal Youssef et al, (2013) ont trouvés que les phénols de la caroube sont constitués de 11 composants parmi lesquels l'acide chlorogénique et l'acide caféique qui sont tous les deux des antioxydants qui inhibent la formation de composés N-nitrosés mutagènes et cancérigènes in vitro (Han et al., 2007). De plus, certains acides phénoliques contribuent à la lutte contre divers types de cancer, notamment les cancers du sein, du poumon et de l'estomac (Kumazawa et al., 2002).

3.7 Estimation de l'indice de fraîcheur de la viande ovine hachée

Les résultats du degré d'oxydation des viandes sont illustrés dans le tableau 2

Tableau 2: Teneurs en Malondialdéhyde MDA (mg/Kg) des viandes ovines hachées.

Temps de conservation Traitements	Après 1 Heure	Après 2 Heures	Après 4 Heures
(Viande Témoin)	0,97 ±0,41 ^a	1,82 ±0,19 ^a	1,97 ±0,4 ^a
(Viande traitée à 5 %)	0,679 ±0,037 ^{de}	0,879 ±0,067 ^b	0,932±095 ^b
(Viande traitée à 10 %)	0,542 ±0,019 ^f	0,702 ±0 ^d	0,781 ±0,036 ^c
(Viande traitée à 15 %)	0,182 ±0,021 ^g	0,566 ±0,009 ^f	0,609 ±0,011 ^{ef}

(n=15±ecartype) (a,b, c, d, e sont des groupes homogènes à p<0.05)

D'après nos résultats, l'utilisation de 15% de poudre de la caroube a un effet inhibiteur d'oxydation plus important par rapport aux autres concentrations. Selon (Brand-Williams et al., 1995) les radicaux libres et les composés antioxydants forment un complexe ce qui ralentit l'apparition des produits d'oxydation; l'activité antioxydante des composés phénoliques est en grande partie dictée par leur structure moléculaire et concentration. (Marian Naczket al., 2003) rajoute que cela complique à la fois la détermination de l'activité antioxydante des mélanges complexes de composés phénoliques extraits de plantes et de l'interprétation des données expérimentales lors de l'application de ces derniers sur la viande.

En outre (Irene Albertos et al., 2015) confirme à travers son étude que les graines de caroube possèdent une activité antioxydante capable d'inhiber de manière significative l'oxydation des lipides (Peroxydation value (PV), hydroperoxydes, TBARS, odeur de rance), la perte du α tocophérol, la modification de la couleur, l'oxydation des protéines (Carbonyls). Certains chercheurs tels que Bastida et al., (2009), affirment qu'il serait plus intéressant de tester cette poudre végétale sur des viandes avec un taux élevé d'acides gras insaturés. Cependant d'autres études sont nécessaires pour évaluer ses propriétés antimicrobiennes et ses effets bénéfiques potentiels sur la santé.

3.8 Étude rhéologique et caractéristiques de la farine enrichie avec la poudre de caroube

Les résultats de la caractérisation de la farine témoin et celles enrichies en poudre de caroube sont représentés dans le Tableau 3.

Tableau 3: Caractéristiques de la farine Témoin et celles enrichies en poudre de caroube

Echantillons	Protéines %	Humidité %	Cendres %
Farine Témoin	11,28 ±0,125 ^a	14,59 ±0,022 ^a	0,59 ±0,036 ^b
Farine enrichie à 1 %	11,29 ±0,149 ^a	14,52 ±0,022 ^{ab}	0,62 ±0,075 ^b
Farine enrichie à 2 %	11,25 ±0,089 ^a	14,4 ±0,062 ^b	0,66 ±0,036 ^a
Farine enrichie à 3 %	11 ±0,361 ^a	14,4 ±0,069 ^b	0,66 ±0,026 ^a

(n=15±ecartype) (a,b, c, d, e sont des groupes homogènes à p<0.05).

Les caractéristiques de la farine témoin et celles enrichies avec la poudre de caroube sont exprimées dans le tableau 3 et ne montrent aucune différence significative (p>0,05) entre la farine témoin et celles enrichies avec la poudre de caroube en termes de protéines et de cendres.

Par contre, le taux d'humidité de la farine témoin est significativement supérieur (p<0.05) à celui des farines enrichies, étant donné que la matière sèche que rapporte la caroube abaisse l'humidité.

Tableau 4 : Caractéristiques rhéologiques de la farine témoin et celles enrichies.

Wet(P/L) Farines enrichies	W(force boulangère)	P/L(Rapport ténacité, extensibilité et travail de déformation)
Farine Témoin	164 ±4,82 ^a	0,49 ±0,048 ^b
Farine enrichie à 1 %	167 ±1,32 ^a	0,62 ±0,035 ^a
Farine enrichie à 2 %	160 ±7,05 ^a	0,54 ±0,045 ^{ab}
Farine enrichie à 3 %	160 ±3,5 ^a	0,36 ±0,045 ^c

(n=15±ecartype) (a,b, c, d, e sont des groupes homogènes à p<0.05)

Les résultats des caractéristiques rhéologiques de la farine témoin et celles enrichies sont indiqués dans le Tableau 4

En ce qui concerne la force boulangère (W), aucune différence significative n'est signalée entre les différentes farines. Le rapport P/L des farines enrichies à (1 %) est significativement plus important ($P < 0.05$) à celui du témoin avec un rapport de différence estimé à 20,97 %.

À conclure que l'enrichissement de la farine à (1%), (2 %) et (3 %) de poudre de caroube n'a pas d'impact sur les propriétés rhéologiques. Néanmoins, la force boulangère (W) et le rapport P/L sont plus importants dans la farine enrichie à (1 %). Cette amélioration est probablement due aux propriétés gélifiantes que rapportent les pectines et la gomme galactomannane que la caroube contient.

4. Conclusion

En conclusion, la poudre de la caroube a un effet inhibiteur d'oxydation sur la viande ovine. Cette déduction a été traduite par l'abaissement significatif de la teneur en MDA enregistré dans la viande traitée avec la poudre de caroube. En outre, la concentration de 15 % avait l'effet antioxydant le plus important. Dans ce cas ; il est possible d'incorporer la poudre de caroube comme un conservateur à l'échelle industrielle des produits carnés pourvu que ça ne demande pas des technologies de purification ou d'extraction des phénols pour bénéficier de l'effet antioxydant de ces derniers. En second lieu, la substitution de la farine de blé tendre avec une concentration de 1 % de poudre de caroube amène vers l'amélioration des paramètres rhéologiques de la farine.

Références :

- [1]. AFNOR (Association Française de Normalisation) (1985). Aliments des animaux, méthodes d'analyses françaises et communautaires. 2ème édition, 200 p.
- [2]. Ali K. Yousif, H.M., Alghzawi. (2000). Processing and characterization of carob powder. Food Chemistry. 69 283-287.
- [3]. Avallone R, Plessi M., Baraldi M. and Monzani A., (1997). Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, Journal of Food Composition and Analysis, Vol.10, pp.166-172
- [4]. Ayaz, F. A., Torun, H., Glew, R. H., Bak, Z. D., Chuang, L. T., Presley, J. M., et al. (2009). Nutrient content of carob pod (*Ceratonia siliqua* L.) flour prepared commercially and domestically. Plant Foods for Human Nutrition, 64, 286-292.
- [5]. Bastida, S., Sanchez Muniz, F. J., Olivero, R, Perez-Olleros, L, Ruiz-Roso, B., and Jimenez Colmenero F., (2009). Antioxydant activity of carob fruit extracts in cooked pork meat systems

- during chilled and frozen storage. Food Chemistry, 116(3), 748-754.
- [6]. Bate-Smith, E.C., (1973). Haccm analysis of tannins: the concept of relative astringency. Phytochemistry 12, 907-911.
- [7]. Brand-Williams W., Cuvelier M.F., et Berset, C., (1995). Use of the radical method to evaluate antioxydant activity. Food Science and Technology. Pp. 28-25-30.
- [8]. Corsi, B., Cozzi, A., Arosio, P., Drysdale, J., Santambrogio, P., Campanella, A., Biasotto, G., Albertini, A., & Levi, S. (2002). Human mitochondrial ferritin expressed in HeLa cells incorporates iron and affects cellular iron metabolism. Journal of Biological Chemistry, 277, 22430-22437.
- [9]. Duchêne Christelle, Gilles Gandemer, (2016). Valeurs nutritionnelles des viandes ; Viande et Produits Carnés, VPC-2016-32-3-5.
- [10]. Han, X. Z., Shen, T. and Lou, H. X. (2007). Dietary polyphenols and their biological significance. Int. J. Mol. Sci., 8 : 950 - 988.
- [11]. Guemour D, Bannelier C, Dellal A and Gidene T., (2010). Nutritive value of sun-dried grape pomace, incorporated at a low level in complete feed for the rabbit bred under magrebian conditions. World Rabbit Sci., 18: 17-25. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2010.18.03>
- [12]. Guenaoui M, D J Guemour and S Meliani, (2019). Evaluation of chemical composition of carob meal (*Ceratonia siliqua* L.) and its effect on growth performance in fattening rabbits. Published in : Livestock Research for Rural Development 31 (8) 2019.
- [13]. ISO 659, (1998). Graines oléagineuses — Détermination de la teneur en huile (Méthode de référence)
- [14]. Karkacier, M., Artık, N., (1995). Determination of physical properties, chemical composition and extraction conditions of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.). Gıda 20 (3), 131-136.
- [15]. Kjeldahl, J. (1883) A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. Zeitschrift für Analytische Chemie, 22, 366-382. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01338151>
- [16]. Kumazawa S., Taniguchi, M., Suzuki, Y., Shimura, M., Kwon, M. and Nakayama, T. (2002). Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. J. Agric. Food Chem. 50 (2). PP 373 - 377.
- [17]. Lorenzo, J.M., Munekata, P.E.S., Gómez, B., Barba, F.J., Mora, L., Pérez-Santaescolástica, C., Toldrá, F., (2018). Bioactive peptides as natural antioxidants in food products- A review, Trends in Food Science & Technology.
- [18]. M. Kamal E. Youssef, Moshera M. El-Manfaloty, Hend M. Ali, (2013), Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.), Food and Public Health 2013, 3(6): 304-308.
- [19]. Makris et Kefalas (2004). Carob Pod Polyphenolic Antioxidants, Food Technol. Biotechnol. 42 (2) 105-108

- [20]. Makris, Kefalas,(2004). Carob Pod Polyphenolic Antioxidants, Food Technol. Biotechnol. 42 (2) 105-108.
- [21]. Marian Naczka, Ryszard A., Ryszard Z., Ronald B. P., Fereidoon S., (2003). Antioxidant activity of crude phenolic extracts from wild blueberry leaves. POLISH Journal of Food and Nutrition Sciences. Vol. 12/53, SI 1, pp. 166-169
- [22]. Ortega N., Macià, A., Romero, M.-P., Reguant, J., & Motilva, M.-J. (2011). Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in-vitro digestión model. Food Chemistry, 124(1), 65-71.
- [23]. Owen R. W., R. Haubner, W. E. Hull, G. Erben, B. Spiegelhalder, H. Bartsch and B. Haber (2003). Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre, Food and Chemical Toxicology Vol. 41, N°12, pp. 1727-1738.
- [24]. Sebai Hichem, Abdelaziz Souli, Latifa Chehimi, Kais Rtibi, Mohamed Amri, Jamel El-Benna and Mohsen Sakly, (2013). In vitro and in vivo antioxidant properties of Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.), Journal of Medicinal Plants Research Vol. 7(2), pp. 85-90, 10 January, 2013.
- [25]. Singleton et Rossi., Singleton, V. L & Rossi; J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents: American Journal of Enology and Viticulture, 16, 144-158.
- [26]. Sayd T,C Dufour, C Chambon, C Buffière, D Remond, V Santé-Lhoutellier, (2018). Combined in vivo and in silico approaches for predicting the release of bioactive peptides from meat digestion