



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de La recherche
scientifique



UNIVERSITE AMAR TELIDJI –LAGHOUAT-
FACULTE : SCIENCES
DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire de Master

Présenté par : **Rakhrour Imane & Chouireb Chaima**

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

Thème

Optimisation de la formulation de confiture

Jury de soutenance:

Nom et prénom	Grade	Qualité
Mr. Djokhdem Laid	MAA	Président
Mme. Lounici Safia	MAA	Examinatrice
Mme. Menasra Amina	MCB	Promotrice
Mme. Labiodh Sawsen	Docteur	Co-promotrice

Année Universitaire : 2022- 2023.

Remerciement

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

Nos profonds remerciements à notre promotrice Madame Menasra Amina pour ses encouragements, ses conseils et son aide tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier l'ensemble des membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail

Nos remerciements Monsieur Djokhdom Laid qui nous fait l'honneur a accepté de présider notre travail.

Nos remerciements à Madame Lounici Safia pour nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nous tenons également à remercier toute l'équipe du laboratoire Agroalimentaire pour leurs aides et leurs soutiens.



Dédicace

A nos chers parents

À nos frères et sœurs

À nos familles

À nos amies

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et à tous ceux qui nous ont soutenus moralement par leurs affections et qui nous ont permis, par leurs conseils et leur soutien quotidien, de toujours avancer.

À tous ceux qui nous 'aiment de près ou de loin

À toute la promotion de Master 2 ACQ (2022-2023)

À tous les enseignants qui nous 'ont guidé tout au long de nos parcours scolaire de l'école primaire à l'université.



IMENE & CHAIMA

Thème : Optimisation et formulation de la confiture de citrouille

Étudiantes : RAKHROUR Imene & CHOUIREB Chaima
Amina

Promotrice : Mme. Menasra

Résumé

Le but de ce travail consiste à optimiser la formulation de confiture 'à base de citrouille' par l'estimation de l'effet d'addition de l'orange et l'influence des températures de cuisson sur leurs propriétés physicochimiques et organoleptiques. Ces propriétés ont été déterminées principalement par le dosage des différents composés (humidité, cendres, sucres totaux, polyphénols et vitamine C) avec l'évaluation de quelques propriétés sensorielles (goût, couleur, texture ...). Dans ce cadre, on a utilisé la méthodologie de surface de réponse 'RSM' en adoptant un plan composite centré 'CCD' pour l'optimisation de la formulation et de la cuisson de confiture. Le modèle est significatif car les valeurs des R^2 sont proches à 0.90. Il s'est avéré que l'incorporation de l'orange et le changement de la température de cuisson ont des effets significatifs sur l'ensemble des composants de la qualité physicochimique et organoleptique de confiture élaborée. Les proportions optimales pour la formulation de confiture de bon goût, réduit en sucre, riche en minéraux, en polyphénols et en vitamine C sont 25% et 35% pour le taux d'orange avec une cuisson à une température égale à 80 °C.

Mots clé : Citrouille, Orange, Formulation, Confiture, Optimisation, Température, Qualité.

Abstract

The aim of this work is optimize the formulation of 'pumpkin-based' jam by estimating the effect of orange addition and the influence of cooking temperatures on their physicochemical and organoleptic properties. These properties were determined mainly by dosage of different compounds (moisture, ash, total sugars, polyphenols and vitamin C) with evaluation of some sensory properties (taste, color, texture). In this context, we used the methodology of response surface 'RSM' by adopting a centered composite plan 'CCD' for optimization of formulation and the cooking of jam. The model is significant because the R^2 values are close to 0.90. It turned out that incorporation of orange and modification in cooking temperature have significant effects on all components of physicochemical and organoleptic quality of produced jam. The optimal proportions for elaboration of jam has a good taste, reduced in sugar, rich in minerals, polyphenols and vitamin C are 25% and 35% for orange rate with a cooking at a temperature equal to 80°C.

Keywords : Pumpkin, Orange, Formulation, Jam, Optimization, Temperature, Quality.

المخلص

الهدف من هذا العمل هو تحسين تحضير مربى اليقطين من خلال تقدير تأثير إضافة البرتقال وتأثير درجات حرارة الطهي على خصائصها الفيزيوكيميائية والحسية. تم تحديد هذه الخصائص بشكل أساسي من خلال تقدير نسبة المركبات المختلفة (الرطوبة ، المعادن ، السكريات الكلية ، البوليفينول وفيتامين س) مع تقييم بعض الخصائص الحسية (الطعم ، اللون ، البنية ...). في هذا السياق ، استخدمنا منهجية سطح الاستجابة من خلال اعتماد خطة مركبة مركزية. اتضح أن نسبة البرتقال ودرجة حرارة الطهي لهما تأثير كبير على جميع مكونات الجودة الفيزيوكيميائية والحسية للمربى المحضر. النسب المثلى لتحضير مربى ذو مذاق جيد ، مخفض السكر ، غني بالمعادن ، البوليفينول وفيتامين س هي 25% و 35% لنسبة البرتقال مع طبخه على درجة حرارة تساوي 80 درجة مئوية

الكلمات المفتاحية: يقطين، برتقال، تركيبة، مربى ، تحسين ، درجة الحرارة ، الجودة

Table des matières

Introduction.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<u>Partie I : Synthèse Bibliographique</u>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
1. Généralités sur matières première	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
1.1. La citrouille.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
1.2. Etymologie	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
1.3. Description botanique	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
1.4 Composition	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
2. L'orange.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
2.1.Description.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
2.2. Caractéristiques physiques et organoleptiques	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
2.3. Caractéristiques de composition (hors macronutriments, vitamines et minéraux).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
3. Technologie de Fabrication, Formulation et Qualité de la confiture.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
3.1. Généralité sur la confiture	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
3.2. Définitions.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
3.3. Les principes de base	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.Méthodologie de surface de réponse comme outil d'optimisation.....	11
4.1. Définition de l'optimisation	11
4.2. Méthodologie de surface de réponse	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.2.1. Définition de (RSM).....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
4.2.2. Définition de certains termes	12
4.2.3.Étapes pour l'application RSM.....	14
<u>Partie II: Matériel et Méthodes</u>	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
1. Matériel première	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
2. Equipements et réactifs	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
3. Préparation des confitures	19
4. Détermination du taux des solides solubles	<i>Error! Bookmark not defined.</i>

5. Détermination du pH	Error! Bookmark not defined.
6. Détermination de la teneur en eau	Error! Bookmark not defined.
7. Détermination de la matière sèche.....	Error! Bookmark not defined.
8. Détermination des cendres	22
9. Dosage des sucres totaux.....	23
10. Dosage des polyphénols totaux	23
11. Dosage des antioxydants.....	24
12. Analyse sensorielle	24
13. Méthodologie de surface de réponse comme outil d'optimisation.....	27
13.1. Plan d'expérience de type composite centré (Central Composite Design CCD) à deux facteurs.....	27
13.2. Modélisation de la réponse.....	27
13.3. Niveaux des variables	28
13.4. Détermination des variables réelles.....	29
13.4.1. Pourcentage d'orange	29
13.4.2. Température de cuisson.....	29
Analyse statistique	30
<u>Partie III: Résultats et discussions</u>	Error! Bookmark not defined.
1. Caractéristiques physico-chimiques des matières premières utilisées.....	Error! Bookmark not defined.
2. Propriétés physicochimiques et biochimiques des confitures préparées.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Teneur en eau	Error! Bookmark not defined.
2.2. Taux des cendres	Error! Bookmark not defined.
2.3. PH.....	Error! Bookmark not defined.
2.4. Degré Brix.....	Error! Bookmark not defined.
2.5. Teneur en sucres totaux.....	38
2.6. Taux de polyphénols totaux	39
2.7. Vitamine C.....	40

3.Propriétés organoleptiques de confitures préparées	41
3.1.Teste de classement (Agréabilité)	Error! Bookmark not defined.
3.2. Teste hédonique.....	44
4.Confitures optimales	Error! Bookmark not defined.
Conclusion	Error! Bookmark not defined.
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Illustrations botaniques de quelque orange de la citrouille	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tableau 2 : composés nutritifs dans les graines, la chair et l'écorce de la citrouille	6
Tableau 3 : Composition minérale de la citrouille	7
Tableau 4 : Liste des produits chimiques et du matériel utilisés dans la partie expérimentale.	17
Tableau 5 : Formulation des confitures préparées.	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tableau 6 : Matrice d'expérience du plan composite centré à deux facteurs.	28
Tableau 7 : Variables et leurs niveaux pour le plan central composite.	29
Tableau 8 : Facteurs, niveaux et valeurs fondamentales utilisés dans le modèle composite central (CCD) pour les confitures enrichies et cuits aux différentes températures.....	30
Tableau 9 : Propriétés physicochimiques des matières premières utilisées.	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tableau 10 : Teneur en eau des confitures préparées.	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tableau 11: Taux des cendres des confitures préparées.	35
Tableau 12 : Degré Brix des confitures préparées.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tableau 13 : Teneur en poluphénols des confitures préparées.	39
Tableau 14 : Données du test de classement par rang d'acceptation de confiture témoin et des confitures enrichies en orange.....	42
Tableau 15 : La différence entre les paires des confitures préparées.	43
Tableau16: Propriétés sensorielles de confiture témoin et des confitures enrichies en orange.....	45
Tableau 17: Paramètres d'analyse de la variance (ANOVA) du test de traçage pour la formule des surfaces de réponse des confitures enrichies en différents pourcentages d'orange et cuites aux différentes températures.....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Tableau 18 : Optimisation la formulation des confitures 'à base de citrouille' enrichies en orange.....	48

Liste des Figures

Figure 1:(a)fruit entier d'une citrouille, (b) coupe transversale d'une courger Error! Bookmark not defined.	
Figure 2 : Représentation schématique des différents termes du RSM.....	13
(Ben Tahar et Serrayh, 2021).....	13
Figure 3: Photographies des citrouilles et d'oranges utilisées.....	16
Figure 4: Diagramme de formulation de confiture.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 5 : Photographie originale montre les échantillons des confitures préparées lors l'analyse sensorielle.....	25
Figure 6: Photographie originale montre les étudiantes faisant une analyse sensorielle.	26
Figure 7: Échelle faciale à neuf points utilisée pour la catégorisation hédonique des confitures préparés.	27
Figure 8 : pH des confitures préparées.	Error! Bookmark not defined.
Figure 9 : Sucres totaux des confitures préparées.	Error! Bookmark not defined.
Figure10: Teneur en vitamine C dans les confitures préparées.	Error! Bookmark not defined.
Figure 11 : Résultats du test de dégustation des confitures préparées. Error! Bookmark not defined.	
Figure 12: Profils sensoriels de confiture témoin et des confitures à base de citrouille. Error! Bookmark not defined.	
Figure 13 : Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de l'orange et de température de cuisson sur les différentes propriétés physicochimiques (A, B, C, D, E, F et G) des confitures formulées.....	Error! Bookmark not defined.

Introduction

Introduction

Les fruits occupent une place importante dans notre alimentation quotidienne. Ils nous apportent de nombreux éléments indispensables au bon fonctionnement de notre organisme (les vitamines, les minéraux, les fibres alimentaires, les antioxydants et autres substances bioactives) (**Metlef et al., 2022**).

La citrouille est un fruit originaire du Mexique de caractères nutritionnels et thérapeutiques bien connus. Ce fruit provient d'une plante annuelle de la famille des *Cucurbitacées*. Bien qu'elle soit un fruit, elle est néanmoins considérée et consommée comme un légume, ce qui en fait un légume fruitier.

Depuis l'Antiquité, l'homme a recherché tous les moyens pour conserver sa nourriture, afin de préserver sa comestibilité et ses propriétés gustatives et nutritives en empêchant le développement des microorganismes qui peuvent dans certains cas entraîner une intoxication alimentaire (**Boumendjel, 2005**).

La transformation des fruits en confiture est l'une des techniques les plus adaptées par les industries agroalimentaires pour prolonger sa durée de conservation (**Metlef et al., 2022**).

La confiture est considérée comme un premier effort pour conserver les fruits. Elle est obtenue par la cuisson des fruits avec des sucres et d'autres ingrédients (**Sophie et Sabulard, 2012**).

A l'heure actuelle, le secteur agroalimentaire cherche de plus en plus à formuler et à élaborer des produits innovants plus sains et biologiques. Les produits modernes plus sains nécessitent des modifications de ses ingrédients et de sa formulation qui ont un impact sur sa rhéologie, sa structure, sa composition et ses bienfaits surtout (**Afoakwa et al., 2009**).

L'objectif principal de cette étude est d'élaborer et d'optimiser une recette appropriée pour la transformation de la citrouille en confiture, en valorisant ce fruit d'utilisation très limitée, ce qui va lui apporter une valeur ajoutée.

Ce travail est abordé en deux parties :

- ✓ Une partie de synthèse bibliographique : renferme des généralités sur la citrouille, l'orange et la confiture ;
- ✓ Une deuxième partie de l'étude expérimentale : contient les différentes méthodes effectuées pour évaluer la qualité des confitures préparées, ainsi que les résultats et les discussions et on termine avec la conclusion et les perspectives.

Synthèse bibliographique

Partie I : Synthèse Bibliographique

1. Généralités sur matières premières

1.1. La citrouille

La citrouille (*Cucurbita pepo*) est un fruit annuel qui appartient à la famille des *Cucurbitacées* (*Cucurbitaceae*) que l'on appelle aussi les courges.

(<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-citrouille-19757/>).

1.2. Etymologie




Le nom « *Citrouille* » vient du latin *citrus*, en allusion à la couleur orangée du fruit. Elle a probablement été domestiquée dans le nord du Mexique par les Amérindiens il y a 8 à 10.000 ans. Elle n'a été introduite en Europe qu'au XV-XVI^e siècle où elle a remplacé une autre *Cucurbitacée* équivalente, d'origine asiatique.

(<https://www.futurasciences.com/planete/photos/environnement-18-citrouilles-halloween-monstrueusementoriginales-621/environnement-histoire-origine-citrouille-3122/>)

1.3. Description botanique de la citrouille

La citrouille est un fruit issu d'une plante herbacée, annuelle à longue tige très vigoureuse, rampante, qui s'accroche par des vrilles ramifiées à tout support. Ses feuilles sont grandes, cordiformes, à nervation palmées, formant cinq lobes arrondis avec de grandes fleurs (5 à 10 cm) pentamères, unisexuées, de couleur jaune. Le fruit est une grosse baie volumineuse avec une chaire épaisse de couleur jaune orangé, renfermant de nombreuses graines dans une pulpe spongieuse. Ses graines sont aplaties, de forme ovale, blanchâtre. Les différents organes de la citrouille (*Cucurbitapepo*) sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Illustrations botaniques de quelque orange de la citrouille *Selon Blanchard Olivier. (1981)*

organe	Description	photo
Feuilles	grandes, cordiformes, à nervation palmées, triangulaire très lobée formant cinq lobes arrondis, La présence de phloème interne à la périphérie de la moelle est un caractère remarquable. Ce phloème supplémentaire permet de conduire la sève produite au niveau des feuilles vers les fruits en formation [](Dupont & Guignard, 2015).	
Fleurs	solitaires, unisexuées, régulières, grandes (5 à 10 cm) pentamères, de couleur jaune sépale : fines	
Fruit	grosse baie volumineuse avec une chaire épaisse de couleur jaune orangé [8] renfermant de nombreuses graines dans une pulpe spongieuse, l'épiderme de fruit est brillant Forme du pédoncule du fruit : anguleux (5 angles) Très dur à maturité, long anguleux, à 5 côtes qui ne s'élargissent pas au point d'attache mais semblent s'étendre sur le fruit	

1.4. Composition de la citrouille

La citrouille se compose d'une coque supérieure, de la pulpe et de graines. L'écorce ou de l'écorceure représente environ 17% du poids total de la citrouille, la chair jusqu'à 75 % et les graines ne prennent pas plus de 11 %. La figure représente un fruit entier et une coupe transversale d'une courge.

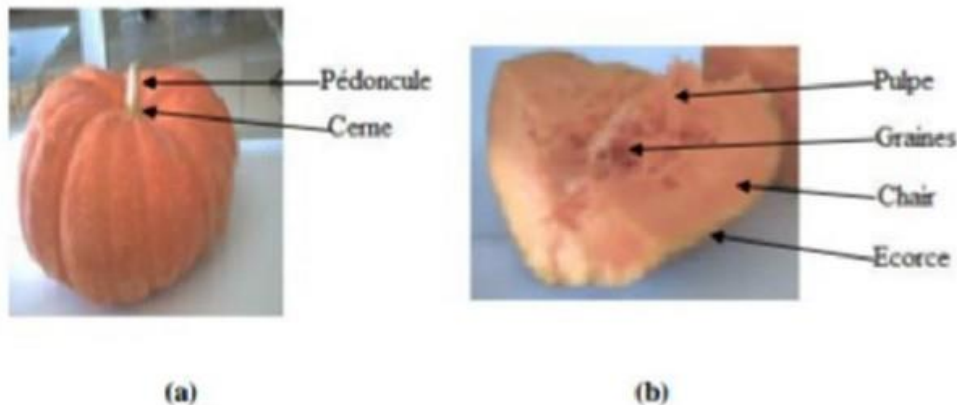


Figure 1:(a)fruit entier et (b) coupe transversale d'une citrouille.

(<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-citrouille-19757>).

La composition chimique de *Cucurbita pepo* comprend des : protéines, fibres, lipides, caroténoïdes tel que β -carotène, alcools (cucurbitol, polyalcool), acides carboniques, acides aminés (citrulline et cucurbitine), chlorophylle, glucides et minéraux (phosphore, calcium, magnésium, fer, cuivre et sélénium) (Wichtl et Anton, 2003).

Tandis que les graines contiennent de 35 à 55 % d'huile et de 30 à 40% de protéines, ainsi que les vitamines tel que : la vitamine E, la vitamine A, les vitamines de groupe B (B1, B2, B6), la vitamine C et la vitamine **Deimel (2007)**. L'huile des graines de *Cucurbita pepo* est une huile alimentaire, elle présente une haute valeur nutritive. Elle est utilisée comme supplément alimentaire, par sa richesse en acides gras essentiels. Une exposition à la chaleur entraîne un développement d'un goût de rance, suite une oxydation des acides gras et cette huile ne convient plus à la cuisson **Vujasinovic et al. (2010)**. Cette huile possède une forte activité antioxydant.Ce qui peut expliquer la capacité préventive exceptionnelle contre l'hypertension et les maladies cancérogènes. Les quantités des nutriments se trouvent à des quantités **Zuhair et al. (2000)**. variables dépendant de la partie du fruit considérée.

Tableau 2 : Composés nutritifs dans les graines, la chair et l'écorce de la citrouille
Blanchard Olivier. (1981).

composition	parties des fruits	Quantité en g/kg
Carbohydrates	Chair	62.23
	Ecorce	43.76
	Graine	122.20
Protéines	Chair	2.08
	Ecorce	9.25
	Graine	308.83
Matière grasse	Chair	0.55
	Ecorce	4.71
	Graine	439.88
Fibers	Chair	3.72
	Ecorce	12.28
	Graine	148.42
Eau	Chair	967.7
	Ecorce	935.98
	Graine	7.06

L'analyse minérale indique que la citrouille contient des teneurs importantes en minéraux (Tableau 3).

Tableau 3 : Composition minérale de la citrouille (Gomes et al., 2020).

Eléments	Quantités (g/kg)
Mn	0.5
Fe	1.37
Cu	2/5
Pb	0.29
Mg	190
Ca	179
K	160

La citrouille qui est un fruit très nutritif, il renferme des molécules bioactives. La gamme importante d'éléments bénéfiques dans les graines, contribue à traiter les problèmes liés à la prostate, vessie et empêcher la formation des calculs rénaux. Ainsi, elles sont connues pour leurs effets préventifs naturels contre l'ostéoporose (Gilbert et al., 2007).

➤ Les bienfaits de la citrouille : pourquoi en manger ?

Des antioxydants aux minéraux en passant par les vitamines, la citrouille est riche de bienfaits.

✓ Riche en antioxydants

La citrouille est une source de vitamine E. Antioxydant majeur, la vitamine E protège la membrane qui entoure les cellules du corps, en particulier les globules rouges et les globules blancs (cellules du système immunitaire). La citrouille est une source de vitamine B2, aussi connue sous le nom de riboflavine. Tout comme la vitamine B1, elle joue un rôle dans le métabolisme de l'énergie de toutes les cellules. De plus, elle contribue à la croissance et à la réparation des tissus, à la production d'hormones et à la formation des globules rouges.

La citrouille est une source de vitamine C qui contribue à la santé des os, des cartilages, des dents et des gencives. De plus, elle protège contre les infections, favorise l'absorption du fer contenu dans les végétaux et accélère la cicatrisation.

La citrouille est une excellente source de vitamine A qui participe entre autres à la croissance des os et des dents. Elle maintient la peau en bonne santé et protège contre les infections.

(https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=citrouille_nu)

2. L'orange

Les agrumes représentent l'une des récoltes de fruits les plus importantes du monde; ils sont consommés généralement frais ou sous forme transformés en raison de leur valeur nutritive et de leur saveur particulière. Par conséquent, la culture des oranges est devenue un secteur économique intéressant à travers le monde en particulier aux Etats-Unis, Brésil, Mexique, Pakistan et la plupart des pays méditerranéens. Un pourcentage élevé de la production d'orange (70%) est utilisé pour fabriquer des produits tels que le jus ou la confiture (**Martín et al., 2010**).

L'orange est l'espèce de citrus la plus importante. C'est un véritable aliment, qui contribue à l'équilibre nutritionnel par sa richesse en nutriments essentiels et en principes actifs indispensables au bon fonctionnement du métabolisme (**Benaïche, 2001**).

2.1. Description botanique

L'oranger est un arbuste fruitier, pouvant atteindre les 10 m de haut. Il possède des branches épineuses, portant des feuilles mesurant de 4 à 10 cm de long. Son fruit, nommé Orange en rapport avec sa couleur, est une grosse baie charnue, à la pulpe juteuse. L'orange est un agrume :

- L'oranger (*Citrus aurantium*) appartient à la famille des *Rutaceae*.
- Il existe deux grandes variétés d'orange : l'orange amère et l'orange douce (**Sarrou, 2013**).
- Le genre *Citrus* inclut un certain nombre de fruits, tels que le citron, l'orange, la mandarine, le pamplemousse...
- La culture des agrumes est une des plus importantes dans le monde et représente plus de 80 millions de tonnes par an (**Jabri Karoui, 2013**).
- L'orange pousse dans les régions tropicales et subtropicales. La production d'agrumes de Turquie est une des plus importantes du Bassin méditerranéen (**Polat, 2012**).

2.2. Caractéristiques physiques et organoleptiques

Les caroténoïdes, dont la violaxanthine, la β -cryptoxanthine, le β -carotène, la lutéine et l' α -carotène, seraient les principaux pigments de l'orange (Gao, 2019).

Le butanoate d'éthyle, le 2-méthylbutanoate d'éthyle, l'octanal, le décane et l'acétaldéhyde seraient des composés essentiels à l'arôme de l'orange (Feng, 2018).

L'acidité de l'orange augmente pendant la deuxième phase de développement, appelée « agrandissement des fruits », puis diminue au cours de la troisième et dernière étape, appelée « maturation des fruits ». Les variations des sucres solubles totaux diffèrent de celles de l'acidité, avec une légère augmentation pendant la phase de maturation. Le rapport entre les sucres solubles totaux et l'acidité est le principal indicateur de la maturité des fruits et est généralement utilisé pour sélectionner la période de récolte (Khefifi, 2020).

La maturation des oranges est impactée par des facteurs environnementaux tels que l'humidité, la lumière et la température (Khefifi, 2020).

2.3. Caractéristiques de composition (hors macronutriments, vitamines et minéraux)

- ✓ L'orange contient de la p-synéprine, un proto-alcaloïde qui présente des effets bénéfiques sur la performance sportive, le contrôle de l'appétit, l'énergie, la concentration mentale et la cognition (Stohs, 2017).
- ✓ Sa richesse en vitamine C, en acide folique et en flavonoïdes, tels que l'hésperidine et la naringénine, confère au jus de l'orange des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires et préviendrait des maladies cardiovasculaires, de l'insulino-résistance liée au diabète et du syndrome métabolique.
- ✓ La vitamine C pourrait améliorer les infections respiratoires, le psoriasis, les allergies, l'asthme et l'arthrite (Ye, 2017).

3. Technologie de fabrication, formulation et qualité de la confiture

La réalisation du produit en question nécessite une bonne adéquation de la technologie de fabrication aux caractéristiques spécifiques des matières premières. Outre, le produit doit être formulé de façon à donner à la confiture ses caractéristiques propres lui permettant de se faire distinguer et d'attirer le plus de clientèle.

La maîtrise de cette étape est essentielle dans la fabrication de la confiture. Les divers paramètres ainsi que les équipements nécessaires à la transformation sont définis en fonction du type de fruit utilisé afin d'obtenir le produit voulu.

http://biblio.univantanarivo.mg/pdfs/rakotovololonaLalaLF_AGRO_ING_11.pdf

3.1. Généralité sur la confiture

La confiture vient du bas latin *confitura* dérivé de *confringere* 36 qui veut dire façonner NOEL (2008).

La fabrication de ce produit se banalise dès le début du XIX^{ème} siècle avec la découverte du sucre de betterave. En effet, le sucre est devenu un article de consommation courante. Ce qui a permis la généralisation de la fabrication maison et le développement des industries de confitures.

3.2. Définitions

La confiture est une confiserie obtenue après cuisson d'une ou plusieurs espèces de fruits, éventuellement dénoyautés et coupés en morceaux avec du sucre ou du sirop de sucre. Elle devra contenir au final 63 à 65 % de sucre pour assurer une bonne conservation du produit sans altérer ses qualités gustatives et 5 à 10 % de ce sucre provient du ou des fruits utilisés (**Commission du Codex Alimentarius, 2010**).

3.3. Les principes de base

Sans la connaissance de certains principes et de quelques règles de base dans la transformation des fruits, la fabrication de confiture se ramène à une simple cuisine livrée au hasard et à l'empirisme. Ainsi, il faut savoir que :

- ✓ Le fruit doit être de bonne qualité et apte à la transformation. Ses prétraitements devront être appropriés aux types de fruits utilisés. Une connaissance préalable des caractères physico-chimiques de ces matières premières est également nécessaire afin de prévoir les quantités de sucre, d'acide ou de pectine utilisés.

- ✓ Le taux de matière sèche du fruit a une influence sur la durée de temps de cuisson. Plus la matière sèche est suffisante, plus la cuisson est courte et inversement. Or, la cuisson prolongée du mélange entraîne la dégradation de pectines naturelles des fruits. Selon la norme du codex alimentarius, la teneur en matière sèche soluble du produit fini ne doit pas être inférieure à 65 % (**CODEX STAN 79-1981**).
- ✓ La teneur en sucre du produit doit être satisfaisante pour assurer une bonne conservation de la confiture. La quantité de sucre ajouté varie en fonction du sucre initialement présent dans le fruit et de la qualité gustative que l'on veut obtenir pour la confiture.
- ✓ Trop de sucre : le goût et l'arôme des fruits sont masqués. La prise en masse est trop rapide. La confiture peut devenir trop ferme et les sucres risquent de se cristalliser pendant le stockage.
- ✓ Peu de sucre : la gélification de la confiture est difficile. La conservabilité du produit n'est pas assurée. Les risques de fermentation ou le développement de moisissures peuvent agir.

http://biblio.univantanarivo.mg/pdfs/rakotovololonaLalaLF AGRO_ING_11.pdf

4. Méthodologie de surface de réponse comme outil d'optimisation

4.1. Définition de l'optimisation

Selon **Goupy et Creighton (2006)**, les plans d'expériences d'optimisations par la méthodologie des surfaces de réponse (**RSM**) permettent, grâce à des modèles mathématiques empiriques, de déterminer une relation d'approximation entre les réponses de sortie et les variables d'entrée pour optimiser les paramètres d'un système, afin d'atteindre des réponses souhaitables.

L'optimisation fait référence à l'amélioration des performances d'un système, d'un processus ou d'un produit afin d'obtenir en tirer le maximum d'avantages.

Dans le passé, l'optimisation était fréquemment utilisée en chimie analytique plus que d'autres domaines. Plus tard, le processus d'optimisation s'est étendu à d'autres domaines scientifiques comme la biologie et la chimie organique. Ce processus vise à découvrir les conditions dans lesquelles appliquer une procédure qui produit la meilleure réponse possible (**Goupy, 2006 ; Bourekoua et al., 2016**).

4.2. Méthodologie de surface de réponse

4.2.1. Définition de (RSM)

Une modélisation mathématique basée sur un protocole expérimental statistique permet de s'affranchir de conception à la fois appelée méthodologie de surface de réponse (**RSM**).

La méthodologie de surface de réponse (**RSM**) est un outil utilisé par nombreux chercheurs pour maximiser ou minimiser diverses variables indépendantes afin de prédire la condition optimale et d'atteindre les meilleures performances du système.

Un plan expérimental doit être choisi avant d'appliquer la méthodologie **RSM**. Ces dessins sont générés à l'aide de différentes matrices expérimentales. Habituellement, toutes les données qui peuvent être décrites à l'aide des fonctions peuvent être expliquées à l'aide de plans expérimentaux pour des modèles de premier ordre (par exemple, plans factoriels) (**Bourekoua et al., 2016**).

Il existe différentes conceptions expérimentales pour les surfaces de réponse quadratiques, les plus connues sont plans factoriels à trois niveaux, de *Box-Behnken*, *composite central* et *Doehlert* (**Goupy, 2006**).

4.2.2. Définition de certains termes

- ✓ **Facteurs** sont des grandeurs supposées influencer sur les variations des réponses.
- ✓ **Réponse** est généralement notée Y . C'est une manifestation mesurable que l'on observe lorsqu'on fait varier les facteurs étudiés.
- ✓ **Espace expérimental** est définie par un repère cartésien à deux ou plusieurs dimensions, cet espace comprend tous les points du plan (facteur 1 x facteur 2). S'il y a un troisième facteur, il est représenté aussi par un axe orienté et gradué, et positionné perpendiculairement aux deux premiers.
- ✓ **Domaine du facteur** appelé aussi le domaine de variation du facteur est constitué de toutes les valeurs comprises entre le niveau bas et le niveau haut.
- ✓ **Point expérimental** est obtenu par l'intersection de deux niveaux (X_1, X_2) dans un espace expérimental.
- ✓ **Domaine d'étude** est défini comme étant l'espace où tous les points expérimentaux se regroupent, ce domaine d'étude est délimité par les niveaux bas et haut de chaque facteur (**Goupy, 2006**).

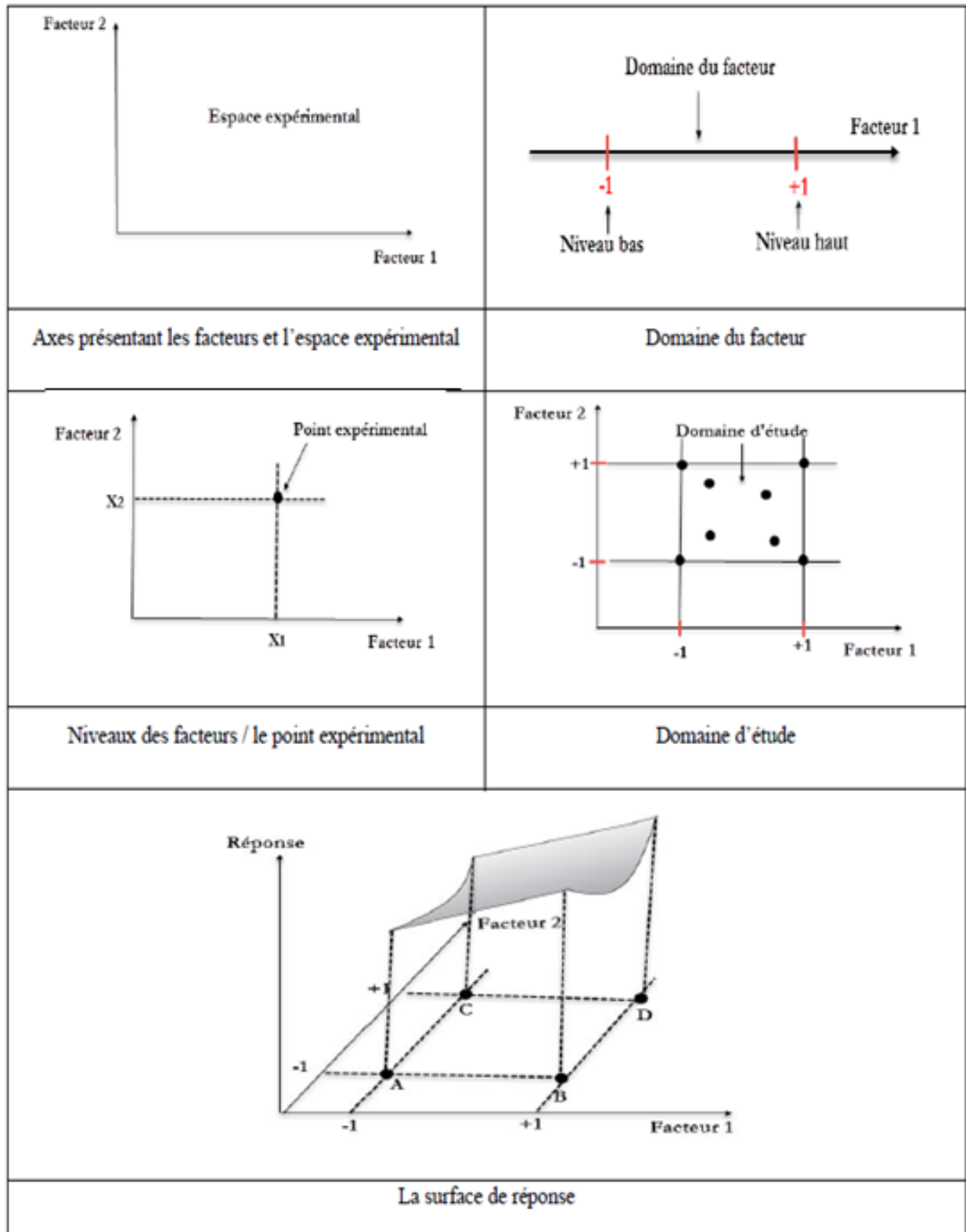


Figure 2 : Représentation schématique des différents termes du RSM (Ben Tahar et Serrayh, 2021).

4.2.3. Étapes pour l'application RSM

La méthodologie de surface de réponse a été développée par *Box* et ses collaborateurs dans les années 50. L'objectif de RSM basé sur l'adéquation des modèles empiriques avec les données expérimentales obtenues en relation à la conception expérimentale. Par conséquent, des fonctions polynomiales linéaires ou quadratiques sont utilisées pour décrire le système étudié et par conséquent, d'explorer les conditions expérimentales jusqu'à son optimisation. Cette peut se faire à travers six étapes importantes dans l'application du **RSM** (**Goupy et Creighton, 2006**).

- ✓ **Étape 1** : grâce à des études de dépistage, des variables indépendantes des effets majeurs tels que la température et le pourcentage de poudre de la datte sont choisis et la délimitation de la région expérimentale, selon l'objectif de l'étude et l'expérience sont fixés.
- ✓ **Étape 2** : une matrice expérimentale doit être choisie et les expériences sont menées en fonction de la matrice sélectionnée.
- ✓ **Étape 3** : le traitement mathématico-statistique des données expérimentales obtenues à travers le fit d'une fonction polynomiale. Cela pourrait être fait en utilisant différentes méthodes et équations statistiques.
- ✓ **Étape 4** : l'évaluation de l'aptitude du modèle. En comparant différents paramètres tels que les valeurs de pure erreur (**P**) et les valeurs de variance de Fisher (**F**).
- ✓ **Étape 5** : la vérification de la nécessité et la possibilité d'effectuer un déplacement dans direction de la région optimale. Cela pourrait se faire en analysant la surface résultante.
- ✓ **Étape 6** : l'obtention des valeurs optimales pour chaque variable étudiée. Pour les modèles du second degré, le point critique peut être caractérisé comme maximum, minimum, ou central. Le point critique est calculé par la résolution de la première dérivée de la fonction mathématique qui décrit la surface de réponse et elle équivaut à zéro (**Goupy et Creighton, 2006; Simurina et al., 2012**).

Matériel et méthodes

Partie II: Matériels et Méthodes

L'objectif de notre travail est de formuler une confiture à base de citrouille qui présente des avantages nutritionnels et thérapeutiques très connus puis enrichir le confiture en orange. Ensuite, d'estimer les différentes propriétés physico-chimiques et organoleptiques des confitures préparées avec l'optimisation de sa formulation.

1. Matériel première

Les ingrédients utilisés dans la préparation des confitures sont : citrouille (*Cucurbita pepo* L.), orange (*Citrus sinensis* L.), citron (*Citrus limon* L.) et sucre (tableau 4). Ces matières ont été achetées au marché et aux grandes surfaces de la wilaya de Laghouat.



Figure 3: Photographie originale des citrouilles utilisées dans la préparation de confiture.

2. Equipements et réactifs

L'ensemble de ce travail a été réalisé au laboratoire pédagogique de département des Sciences Agronomie et alimentaire et le laboratoire de recherche de chimie de l'université Amar Telidji Laghouat. **Annexe 5** Le **Tableau 4** montre la liste des produits chimiques et du matériel utilisés dans la partie expérimentale. Tous les produits utilisés dans ce travail sont d'un grade analytique élevé.

3. Préparation des confitures

La confiture a été préparée selon les normes mentionnées dans le Journal Officiel de République Algérienne et le Journal Officiel des Communautés Européennes (**JOCE, 2009 ; JORADP, 2020**) avec légères modifications.

La confiture a été préparée selon le diagramme 3 et le tableau 5 suivants :

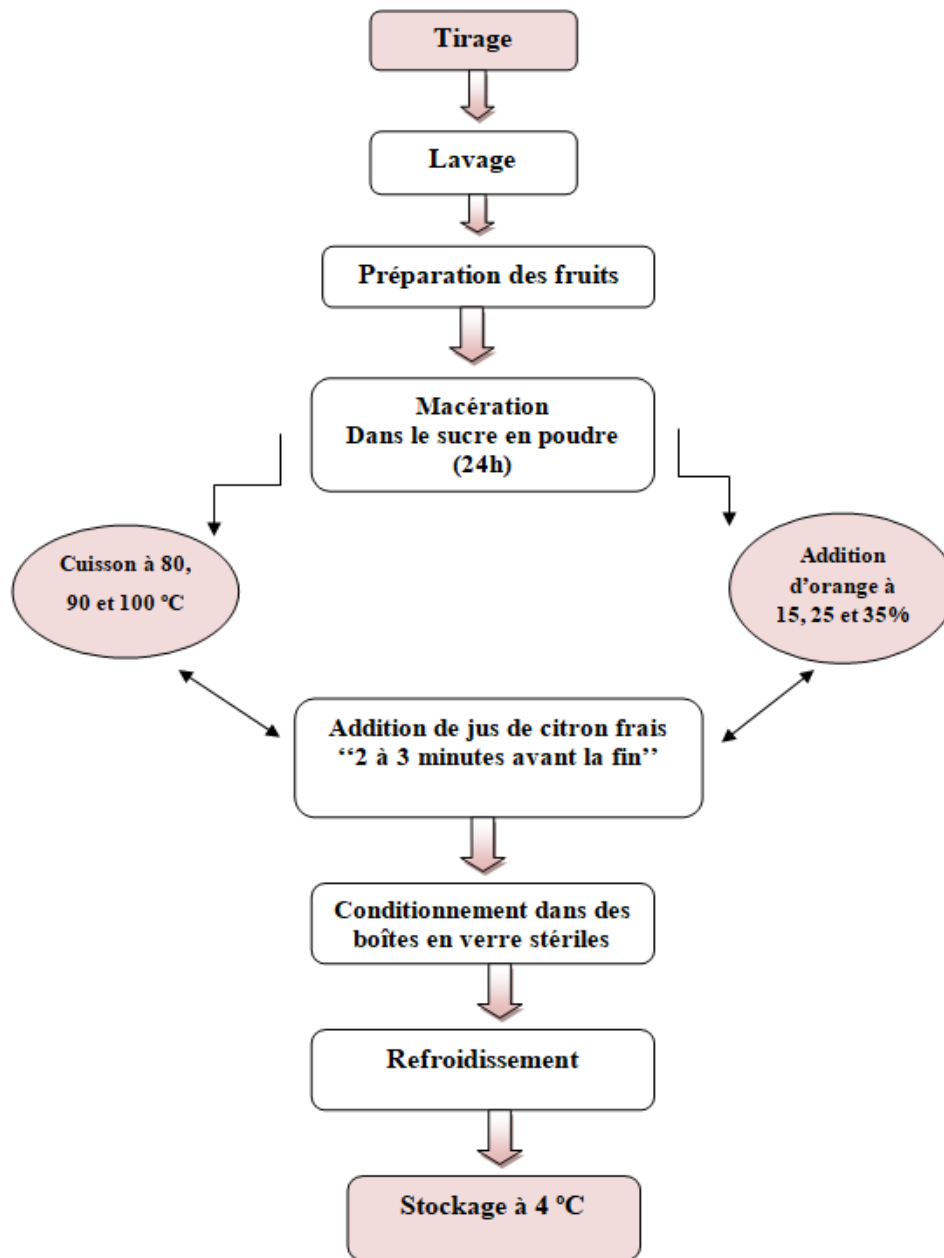


Figure 4: Diagramme de formulation de confiture.

Tableau 5 : Formulation des confitures préparées.

Confiture de citrouille enrichie en orange	Code de confiture	Composition	Citrouille (%)	Orange (%)	Sucre (g)	Température de cuisson (°C)
	Témoin (100)		100%	0%	75%	Cuisson traditionnelle
	R1 (158)	- Citrouille	85%	15%	70%	80 °C
	R2 (159)					90 °C
	R3 (151)	- Orange				100 °C
	R4 (258)	- Citron	75%	25%	65%	80 °C
	R5 (259)	- Sucre				90 °C
	R6 (251)					100 °C
	R7 (358)		65%	35%	60%	80 °C
	R8 (359)					90 °C
R9 (351)		100 °C				

Après plusieurs essais, nous avons sélectionné les pourcentages d'addition de l'orange dans la confiture sur la base de leurs caractéristiques rhéologiques et organoleptiques.

Les confitures préparées ont été conditionnées dans des boîtes en verre préalablement stérilisées et les conservées à 4 °C.

4. Détermination de degré Brix

➤ **Principe**

Le degré Brix traduit le taux des matières sèches solubles, contenues dans une solution. Il consiste à mesurer l'indice de réfraction d'un échantillon à une température de 20°C, puis à effectuer une conversion de cet indice en résidu sec soluble. Ce dernier, déterminé par réfractomètre, exprime la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans des conditions déterminées de préparation et de température.

Le taux de solides solubles (TSS), exprimé en degré Brix.

➤ **Mode opératoire**

Une goutte de l'échantillon a été mise sur la plaque du réfractomètre 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 (**Doukani et Tabak, 2015**).

5. Détermination du pH

➤ **Principe (NF V 05-108, 1970)**

Le pH est une mesure quantitative de l'acidité ou de la basicité d'une solution, c'est un paramètre qui permet de mesurer la concentration en ions H⁺ dans une solution. Il s'agit d'une grandeur sans unité.

➤ **Mode opératoire**

La mesure du pH consiste à introduire l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon après réglage de la température d'étalonnage. La lecture se fait directement sur le pH-mètre (**Benamara, 2017**).

6. Détermination de la teneur en eau

➤ **Principe (NF V 05-108, 1970)**

La perte de masse d'un produit lorsqu'il est soumis à une dessiccation renseigne sur sa teneur en eau (**Benamara, 2017**). Le séchage dans une étuve à 103-105°C pendant 3 heures d'une quantité déterminée de produit, jusqu'à une masse constante donne sa teneur en eau. L'extrait sec total est exprimé en pourcentage.

➤ **Mode opératoire**

On pèse la capsule en verre séchée et refroidie puis on introduit 5g de confiture dans la capsule. Après on met dans l'étuve réglée à 103-105°C pendant 5 heures et on pèse le résidu après séchage. La teneur en eau est exprimée en pourcentage de masse de produit, et est donnée par la formule suivante :

$$TE\% = \frac{M1-M2}{M1-M0} \times 100$$

Où :

M0 : La masse, en gramme, de la capsule vide.

M1: La masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai avant la dessiccation.

M2: La masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai après la dessiccation.

7. Détermination de la matière sèche

$$MS\% = 100 - H (\%)$$

8. Détermination des cendres

➤ **Principe (NF V 05-113)**

Le dosage des cendres est basé sur la destruction de toute matière organique sous l'effet de température élevée (500 ± 2 °C).

➤ **Mode opératoire**

On pèse les creusets vides, avant d'ajouter 5g de confiture dans ces derniers. Ensuite on les met dans un four à moufle pendant 3-5h à 550°C, à la sortie du four les creusets sont mis dans un dessiccateur pour le refroidissement. On pèse les creusets après qu'ils aient refroidis.

On réchauffe les creusets à nouveau pendant une demi-heure ou plus, cette opération est répétée jusqu'à ce que le poids devienne constant (de couleur blanche ou blanc grisâtre) (**Doukani et Tabak, 2015**).

La teneur en cendres est exprimée en pourcentage du poids frais du produit, et est donnée par la formule suivante :

$$C \% = (M2 - M0 / M1 - M0) \times 100$$

Où

M 0 : Masse en grammes de la capsule vide.

M 1 : Masse en grammes de la capsule et de la prise d'essai (échantillon frais).

M 2 : Masse en grammes de la capsule et des cendres obtenues

9. Dosage des sucres totaux

➤ Principe

Les teneurs en glucides totaux sont déterminées par la méthode de *Dubois et al. (1956)*. Les glucides, à chaud et en présence d'acide fort, se déshydratent et forment des dérivés furaniques (furfural dans le cas des pentoses et hydroxyméthyl-furfural dans le cas des hexoses), qui se condensent avec le phénol pour donner un complexe jaune-orangé qui présente un maximum d'absorption entre 480 et 490 nm.

➤ Mode opératoire

On additionne à 0.125g de confiture, 5ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) 0.5 M, puis on place l'ensemble dans une étuve réglée à 105°C pendant 3 heures. Puis on transpose la solution dans une fiole de 500ml tout en ajustant le volume par de l'eau distillée jusqu'à 500ml. Ensuite, on filtre la solution avant de réaliser trois dilutions au 1/3.

Dans des tubes, on met 1ml de chaque dilution, ensuite on ajoute dans chaque tube 1ml de phénol à 5% et 5ml d'acide sulfurique H₂SO₄ à 98%. On maintient tubes dans l'étuve pendant 5 minutes à 105°C, puis laissés dans l'obscurité pendant 30 minutes. Enfin, à l'aide d'un spectrophotomètre on lit la densité optique à une longueur d'onde de 490nm. La teneur en sucres a été déterminée en utilisant la courbe détalonnage de glucose (Annexe 2).

10. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est basé sur la réaction d'oxydoréduction. Le réactif de Folin-Ciocalteu, acide de couleur jaune, est constitué de polyhétérocycles qui est un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et de l'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀) qui est réduit lors de l'oxydation des polyphénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (Mo₈O₂₃). La coloration bleue produite est proportionnelle au taux de composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (*Shahidi et Naczki, 2004*).

La teneur des confitures analysées en composés phénoliques est déterminée en utilisant la méthode rapportée par *Rababah et al. (2011)*. Un volume de 200 µl d'extrait est additionné de 700 µl du réactif de Folin-Ciocalteu (10%), après 3 min, 400 µl de carbonate de sodium (7,5%) sont ajoutés. Le mélange réactionnel est laissé à l'obscurité durant 90 min à température ambiante. L'absorbance est mesurée à 720 nm.

La teneur en polyphénols est déterminée par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexe 2). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique (EAG) par 100 g de confiture.

11. Dosage de Vitamine C

Le principe de dosage se base sur une réaction d'oxydoréduction en milieu acide en utilisant le 2,6-dichloro-indophénol (DCIP). En présence de l'acide ascorbique, le DCIP est réduit en DCIPH₂. L'excès de DCIP donne une coloration rose caractéristique dont le maximum d'absorption est à 515 nm (*Tabart et al., 2010*).

L'estimation de la teneur en acide ascorbique est réalisée selon la méthode rapportée par *Mau et al. (2005)*. L'acide ascorbique est extrait à partir de 1g de confiture par 10ml d'acide oxalique (1%) puis agité durant 30 min. Le mélange est ensuite centrifugé à 5000 rpm/10 min. Le surnageant est utilisé pour le dosage qui consiste à ajouter 900 µl de DCIP à 100 µl d'extrait et lire l'absorbance à 515 nm.

La concentration en acide ascorbique est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide L-ascorbique (figure 16, annexes 2). Les résultats sont exprimés en mg par 100 g de confiture.

12. Analyse sensorielle

La qualité sensorielle des confitures a été évaluée en appliquant deux tests sensoriels: le test de classement par rang et le test hédonique tels que décrits par **Watts et al. (1991)**. Les tests hédoniques sont conçus pour mesurer le degré d'appréciation d'un produit, on se sert d'échelles de catégories allant de (n'aime pas *extrêmement*) à (aime *extrêmement*) où en passant par neutre avec un nombre variable de catégories intermédiaires. Les dégustateurs choisissent, pour chaque confiture, la catégorie qui correspond à leur degré d'appréciation. Les attributs évalués étaient la texture, la couleur, le goût, l'odeur, l'acidité et l'acceptabilité globale. Pour chaque confiture, les dégustateurs ont évalué leurs attributs en utilisant un échelle hédonique à neuf points (**Agrahar-Murugkar et al., 2015**).



Figure 5 : Photographie originale montre les échantillons des confitures préparées lors l'analyse sensorielle.

L'échelle hédonique à neuf points est largement utilisée par les scientifiques de l'alimentation (**Mudgil et al., 2017**). Les dégustateurs ont marqué pour différentes propriétés un score maximum de 9 pour aimer extrêmement, 8 : très aimer, 7 : aimer, 6 aimer moyennement, 5 : ni aimer ni n'aime pas, 4 : n'aime pas moyennement, 3- n'aime pas assez, 2- n'aime pas beaucoup et 1 n'aime pas extrêmement (**Galla et al., 2007**).

Les notations de chaque confiture sont présentées sous forme de tableau et analysées au moyen de l'analyse de variance (ANOVA) pour déterminer s'il y a des différences significatives dans le degré d'appréciation moyen entre les confiture (**Watts et al., 1991**).

Le jury se compose de 10 sujets, qui sont des étudiants de Master 2 de spécialité Agroalimentaire et control de qualité, de Département de Sciences Agronomiques de l'Université de Amar Telidji Laghouat.



Figure 6: Photographie originale montre les étudiantes faisant une analyse sensorielle.

Des explications et des instructions ont été données aux dégustatrices avant le commencement de chaque test. Chaque dégustateur reçoit 10 confitures (confiture témoin et 09 confitures enrichies en orange) codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres. Ensuite, il est demandé à chaque sujet de remplir une fiche d'analyse sensorielle contenant toutes les informations relatives aux paramètres de dégustation (voir annexe 1.).

Les dégustateurs sont demandés de classer les confitures sous leurs 09 formes (formulations) par rapport à la confiture témoin. Les confitures lui sont présentées simultanément pour chaque série (selon le type d'enrichissement) et d'une façon anonyme dans des récipients codés accompagnés chacun d'un verre d'eau.

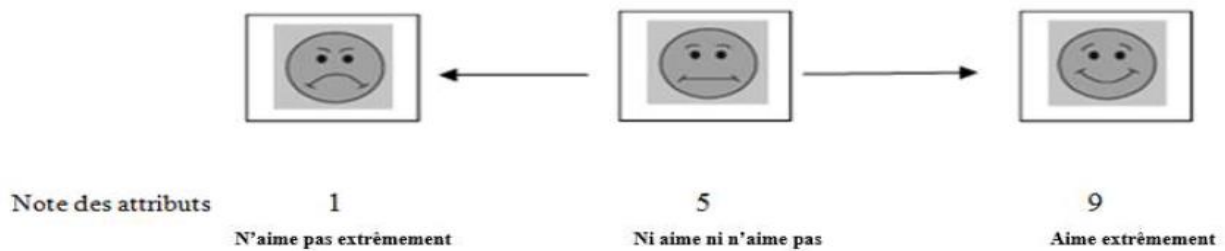


Figure 7: Échelle faciale à neuf points utilisée pour la catégorisation hédonique des confitures préparées.

13. Méthodologie de surface de réponse comme outil d'optimisation

13.1. Plan d'expérience de type composite centré (Central Composite Design CCD) à deux facteurs

L'étude a porté sur l'évaluation de l'influence des paramètres opératoires en l'occurrence de taux d'orange et de température de cuisson sur les propriétés physicochimiques et organoleptiques des confitures préparées.

La planification des expériences a été réalisée en adoptant le plan composite centré. Un plan d'expérience de type composite centré (*Central Composite Design CCD*) à deux facteurs a été utilisé pour déterminer l'effet des deux traitements X_1 et X_2 (X_1 : pourcentage d'orange, X_2 : température de cuisson) sur la qualité de confiture.

Les réponses choisies sont : Y_1 : humidité (%), Y_2 : cendres (%), Y_3 : pH, Y_4 : degré °Brix, Y_5 : taux des sucres totaux (%), Y_6 : polyphénols (mg EAG/100g) et Y_7 : Vitamine C de confiture.

Le modèle étudié étant un modèle à deux facteurs. Ce plan nécessite la réalisation des expériences représentant des combinaisons de trois niveaux attribués à chacun des deux facteurs tout en prenant la réponse correspondante.

13.2. Modélisation de la réponse

La modélisation de la réponse est réalisée à l'aide des techniques de régression qui permettent de relier les réponses « Y » aux facteurs « X_1 » et « X_2 ». L'équation qui régit le système est de la forme (Goupy et Creighton, 2006; Bourekoua et al., 2016):

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1 X_1 + b_{22}X_2 X_2 + b_{12}X_1 X_2$$

Avec :

Y : Réponse étudiée ;

X_1 et X_2 : Formes codées des variables explicatives ;

b_0 : Constante qui exprime l'effet moyen général ;

b_1 et b_2 : Coefficients linéaires ;

b_{11} et b_{22} : Coefficients quadratiques ;

b_{12} : Coefficient d'interaction.

13.3. Niveaux des variables

Pour chaque variable codée (X_i) trois niveaux, **-1**, **0** et **+1** sont attribués. **-1** et **+1** représentent les valeurs extrêmes.

Le plan d'expérience de type composite centré est présenté soit par des grandeurs codées ou réelles. Avec les grandeurs codées, le tableau prend le nom de *matrice d'expériences* (tableau 6).

Tableau 6 : Matrice d'expérience du plan composite centré à deux facteurs.

Essais	Matrice	
	X_1 (Pourcentage d'orange)	X_2 (Température de cuisson)
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	+1
4	0	-1
5	0	0
6	0	+1
7	1	-1
8	1	0
9	1	+1
10	0	0

13.4. Détermination des variables réelles

13.4.1. Pourcentage d'orange

La borne inférieure pour l'addition d'orange à la confiture a été fixée à 15% (tableau.7). Les niveaux de substitution de la citrouille par l'orange sont : 15, 25 et 35% (p/p). Ce choix est basé sur des essais préliminaires en vue de chercher des niveaux significatifs sur le plan technologique et de l'acceptabilité de la confiture obtenue sur le plan sensoriel (**Hegazy et al., 2014; Bourekoua, 2018**).

Tableau 7 : Variables et leurs niveaux pour le plan central composite.

Variables	Niveau des variables codées		
	-1	0	+1
X1 : Pourcentage de d'orange (%)	15	25	35
X2 : Température de cuisson (°C)	80	90	100

13.4.2. Température de cuisson

Le choix de la température de cuisson de la confiture a été déterminé sur la base d'essais préliminaires et d'examinations des recherches précédentes. Sans dépasser les températures mentionnées dans le **JOCE (2009)** et le **JORADP (2020)**.

Pour chaque variable de réponse, l'évaluation de la pertinence du modèle a été déterminée. Le modèle semblait être quadratique et le seuil de signification était fixé à 0.05. Les réponses de chaque variable ont été soumises à une analyse statistique afin de définir les points optimaux pour la préparation de la confiture enrichie en utilisant les fonctions de désirabilité (**Simurina et al., 2012**).

Tableau 8 : Facteurs, niveaux et valeurs fondamentales utilisés dans le modèle composite central (CCD) pour les confitures enrichies et cuits aux différentes températures.

Essais	Valeurs codées		Valeurs codées	
	Pourcentage d'orange (%)	Température de cuisson (°C)	CCD	
			Pourcentage d'orange (%)	Température de cuisson (°C)
1	-1	-1	15	80
2	-1	0	15	90
3	-1	+1	15	100
4	0	-1	25	80
5	0	0	25	90
6	0	+1	25	100
7	+1	-1	35	80
8	+1	0	35	90
9	+1	+1	35	100
10	0	0	25	90

14. Analyse statistique

Les résultats ont été exprimés en moyenne \pm écart type. L'analyse statistique a été réalisée avec le test de Duncan (avec un intervalle de confiance $\alpha \leq 0,05$) à l'aide du logiciel statistique SPSS version 25.0 (SPSS Inc., Chicago, États-Unis) (Hyun-Jung et al., 2014; Mogol et Gökmen, 2014). Le logiciel statistique JMP (Version, 11) a été utilisé pour déterminer les coefficients des polynômes pour chaque réponse. La variance de Fisher (F) a été utilisée pour vérifier la signification du coefficient de régression. Un coefficient de détermination (R^2) a été calculée et l'adéquation de modèle a été testée en séparant la somme résiduelle des carrés en erreur pure et manque d'ajustement (Bourekoua et al., 2016).

RESULTATS ET DISCUSSION

Partie III: Résultats et discussions

1. Caractéristiques physico-chimiques des matières premières utilisées

Les résultats des analyses physico-chimiques des matières premières utilisées dans la préparation des confitures sont représentés dans le tableau 9

Tableau 9 : Propriétés physicochimiques des matières premières utilisées.

Propriétés	Citrouille (<i>Cucurbita pepo</i> L.)	Orange (<i>Citrus sinensis</i> L.)
Humidité (%)	84.5±0.5 ^b	89.9±1.7 ^a
Matière sèche (%)	15.5±0.5 ^b	10.1±1.7 ^a
Cendres (%)	0.6± 0.3 ^a	0.47±0.1 ^b
Matière organique (%)	99.4±0.3 ^a	99.53±0.1 ^b
Extrait sec soluble (°Brix)	3.5± 1.5 ^b	11.5±2.4 ^a
pH	4.8± 0.7 ^a	3.5±1 ^b
Acidité titrable (%)	0.35± 0.2 ^b	0.49±0.14 ^a
Sucres totaux (%)	8.5 ±2.5 ^a	12.67±1.1 ^b

Les valeurs en exposant avec des différentes lettres dans la même ligne sont significativement différentes au seuil de signification de 5% ($\alpha \leq 0,05$) analysées par le test de Duncan.

Il existe une différence significative entre les différentes propriétés physico-chimiques des matières premières utilisées dans la préparation des confitures.

D'après le tableau, nous constatons que l'orange a un pH réduit (3.5) avec des teneurs élevées en extrait sec soluble (11.5) et en sucres totaux (12.67%).

On comparaison à la citrouille, l'orange contient une teneur élevée en humidité (89.9%). L'humidité fait référence à la quantité d'eau libre et de substances volatiles perdues lors du séchage des aliments à température contrôlée dans une étuve à air chaud. Elle est exprimée en g pour 100 g d'échantillon (**Shravan et al., 2018**).

Les valeurs d'humidité (89.9%), cendres (0.47%), pH (3.5), d'acidité (0.49%) et de degré Brix (11.5) trouvées pour l'orange sont proches à celles rapportées par **Shravan et al. (2018)** (88.5%, 0.38%, 3.8, 0.51% et 11, respectivement).

Aiteur et al. (2007) ont trouvé que l'orange a un pH de 3.37 en plus qu'elle contient 12% de l'extrait sec soluble.

Pour la citrouille les valeurs trouvées des cendres (0.6%), de l'extrait sec soluble (3.5), de pH (4.8) et de l'acidité titrable (0.35) sont proches à celles mentionnées par **Adubofuor et al. (2016)** (cendres: 0.66%, extrait sec soluble: 3.31, pH: 4.39 et acidite : 0.38).

Rosales et al. (2022) ont rapporté que la citrouille contient 4.9% de sucres totaux. Cette teneur est inférieure à celle trouvée pour notre citrouille (8.5%).

La composition des différents fruits et légumes est une caractéristique variétale et sa teneur peut varier de manière significative avec le type de sol, les conditions climatiques, le stade de maturité des fruits et des légumes et aussi de l'irrigation. L'excès par exemple d'eau d'irrigation entraîne une diminution de la teneur en sucres du fruit et un retardement de leur maturité (**Lekbir, 2016**).

2. Propriétés physicochimiques et biochimiques des confitures préparées

2.1. Teneur en eau

Le tableau 10 représente la teneur en eau des confitures préparées.

Tableau 10 : Teneur en eau des confitures préparées.

Orange (%)	Température de cuisson (°C)	Code de confiture	Humidité (%)	Matière sèche (%)
0%	/	Témoin	37.9±0.1 ^{ac}	62.1±0.1 ^{ac}
15%	80 °C	R1	42.6±0.5 ⁱ	57.4±0.5 ⁱ
	90 °C	R2	39.6±1.1 ^j	60.4±1.1 ^j
	100 °C	R3	32.3±0.49 ^e	67.7±0.49 ^e
25%	80 °C	R4	46.55±2.7 ^{fg}	53.45±2.7 ^{fg}
	90 °C	R5	45.25±0.8 ^h	54.75±0.8 ^h
	100 °C	R6	41.55±1.5 ^d	58.45±1.5 ^d
35%	80 °C	R7	52.05±2.2 ^b	47.95±2.2 ^b
	90 °C	R8	48.1±0.5 ^c	51.9±0.5 ^c
	100 °C	R9	42.95±2.5 ^g	57.05±2.5 ^g

R1, R2, R3 des confitures enrichies en 15% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R4, R5, R6 : confitures enrichies en 25% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R7, R8, R9 : confitures enrichies en 35% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à $\alpha < 0,05$. Les valeurs en exposant avec des différentes lettres dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de signification de 5% ($\alpha \leq 0.05$) analysées par le test de Duncan.

La teneur en eau est un facteur très important dans les processus de formulation de différents produits alimentaires.

Les teneurs en eau des différents échantillons de confiture sont significativement différentes et varient entre 32.3 et 52.05%.

D'après nos résultats, nous constatons que la confiture enrichie en 15% d'orange et cuite à 100 °C contient un taux d'humidité réduit (32.3%). En revanche, l'addition de l'orange à la confiture réduit sa teneur en eau. Cela est dû à la faible humidité contenue dans l'orange (89.9%) en comparaison à la citrouille (84.5%).

Fredot (2005) a trouvé que l'humidité de confiture varie entre 30 et 40%. **Pierre et Bernard (2007)** et **Belitz et al. (2009)** ont rapporté que l'humidité de confiture des fruits est respectivement de 40% et 36.9%.

La teneur en matière sèche soluble des confitures est fixée par **JORADP (2021)** à 55% minimum.

Les valeurs de matière sèche obtenues sont conformes aux normes qui exigent des teneurs en matière sèche comprises entre 60 et 65 % ou plus pour la confiture (**CODEX STAN 296-2009**).

La teneur en humidité des confitures a été réduite en augmentant la température de cuisson. Cela provient de l'évaporation de l'eau sous l'effet de l'augmentation de la température.

La teneur en eau est un paramètre important pour la conservation des aliments (**Teshome et al., 2017**).

En effet, la teneur en eau dans les aliments est fortement liée à leur activité de l'eau. Ce paramètre détermine l'intensité des réactions chimiques et enzymatique ainsi que la vitesse de développement des micro-organismes (**Jeyarani et al., 2015**).

2.2. Taux des cendres

Les valeurs de teneur en cendres des confitures préparées sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 11: Taux des cendres des confitures préparées.

Orange (%)	Température de cuisson (°C)	Code de confiture	Cendres (%)	Matière organique (%)
0%	/	Témoin	1.165±0.5 ^d	98.835±0.5 ^d
15%	80 °C	R1	1.119±0.3 ^{ie}	98.881±0.3 ^{ie}
	90 °C	R2	1.013±0.22 ^c	98.987±0.22 ^c
	100 °C	R3	0.995±0.7 ^g	99.005±0.7 ^g
25%	80 °C	R4	0.995±0.13 ^a	99.005±0.13 ^a
	90 °C	R5	0.998±0.1 ^f	99.002±0.1 ^f
	100 °C	R6	0.997±0.1 ^b	99.003±0.1 ^b
35%	80 °C	R7	0.997±0.5 ^h	99.003±0.5 ^h
	90 °C	R8	1.001±0.9 ^e	98.999±0.9 ^e
	100 °C	R9	1±0.7 ⁱ	99±0.7 ⁱ

R1, R2, R3 des confitures enrichies en 15% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R4, R5, R6 : confitures enrichies en 25% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R7, R8, R9 : confitures enrichies en 35% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à $\alpha < 0,05$. Les valeurs en exposant avec des différentes lettres dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de signification de 5% ($\alpha \leq 0.05$) analysées par le test de Duncan.

La teneur en cendres représente la quantité totale de sels minéraux présents dans l'échantillon. Les cendres totales de la matière végétale sont les restes des corps inorganiques obtenus, après la calcination, jusqu'à l'obtention d'un poids constant (**Compos et al., 2008**).

Il existe une différence significative entre la teneur en cendres des confitures préparées.

En comparaison aux autres échantillons, la confiture témoin est riche en minéraux (1.16%). Cependant, la diminution des cendres dans les confitures enrichies est associée à l'incorporation de l'orange qui a une teneur en cendres réduite (0.25%) en comparaison à la citrouille (0.6%).

Les taux des cendres trouvés dans notre étude sont supérieurs à ceux rapportés par **Mohd Naeem et al., (2015)** pour la confiture du raisin (0.18 et 0.12 %) et à celui mentionné par **Benmeziane et al., (2018)** pour la confiture du melon (0.2%).

La teneur en cendres n'est pas affectée par la température de cuisson (tableau 11). **Teshome et al. (2017)** ont rapporté que les cendres contrairement aux vitamines et les acides aminés, ne peuvent pas être détruits par une exposition prolongée à la chaleur.

Finalement, la légère augmentation des cendres après la cuisson de confiture dépend de la teneur en eau perdue à la cuisson qui peut induire une augmentation de la concentration des minéraux (Lahcene et Boudani, 2019).

2.3. PH

Les valeurs de pH des confitures préparées sont montrées dans la figure 8

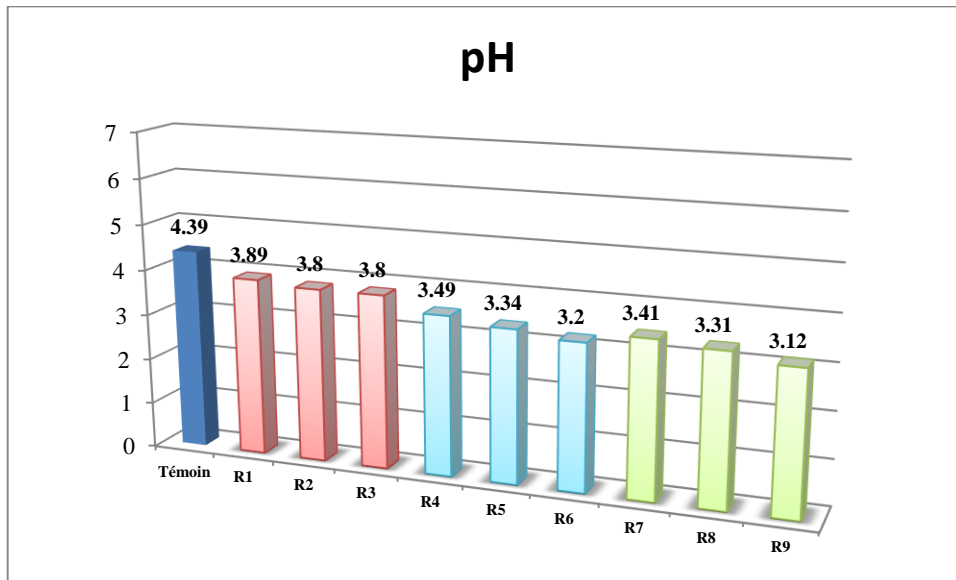


Figure 8 : pH des confitures préparées.

R1, R2, R3 des confitures enrichies en 15% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R4, R5, R6 : confitures enrichies en 25% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R7, R8, R9 : confitures enrichies en 35% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement

Le pH est un critère principal dans la fabrication des confitures, il indique la qualité de conservation et sert à mettre en évidence une éventuelle fermentation microbienne.

Le pH de nos confitures varie entre 3.12 et 4.39. Les valeurs du pH diminuent en augmentant la proportion d'orange incorporée à la confiture. Cela est dû au faible pH de l'orange par rapport à la citrouille.

Les normes internationales exigent un pH relativement acide à la fin du processus de fabrication de la confiture. La norme imposée pour le pH est comprise entre 2.8 et 3.5 (CODEX STAN 79-1981).

Selon **Luh et al. (1986)**, un pH bas est essentiel pour empêcher la détérioration de la confiture, en défavorisant la prolifération des bactéries, des levures et des moisissures.

De même, la formation de gel se produite seulement dans une certaine plage de concentration en ions hydrogène. La plage de pH optimale pour une bonne gélification de la confiture est

autour de 3.0. La force de gel diminue rapidement avec l'accroissement de la valeur du pH. Au-delà de la valeur 4.0, aucune formation de gel ne se produit (Vibhakara et Bawa, 2006).

Nos résultats sont proches de ceux obtenus par Kamal et al. (2015) et Grigelmo-Miguel et Belloso-Martin (1999), qui ont trouvé respectivement une valeur de 3.69 et 3.29 pour la confiture d'abricot et la confiture d'orange. En revanche, les valeurs de pH trouvées sont inférieures à celle rapportée par Muhammed et al. (2008) (4.60) pour la confiture de pommes.

La cuisson affecte les différents constituants de l'aliment. Lors de la cuisson de confiture, l'augmentation de la température du milieu provoque une dégradation partielle des différents composés constitutifs de la confiture ce qui permet de libérer des acides et diminue le pH. Les hautes températures de cuisson permettent de donner aux aliments un pH proche de l'acidité (Ait Ameer, 2006).

2.4. Degré Brix

Le tableau 12 représente le degré Brix des confitures préparées.

Tableau 12 : Degré Brix des confitures préparées.

Orange (%)	Température de cuisson (°C)	Code de confiture	Degré Brix
0%	/	Témoin	56.5 ^{jb}
15%	80 °C	R1	56 ^d
	90 °C	R2	57 ^e
	100 °C	R3	58.3 ^a
25%	80 °C	R4	63 ^c
	90 °C	R5	64.7 ^h
	100 °C	R6	64.7 ^g
35%	80 °C	R7	63.6 ⁱ
	90 °C	R8	65.2 ^{bc}
	100 °C	R9	69 ^f

R1, R2, R3 des confitures enrichies en 15% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R4, R5, R6 : confitures enrichies en 25% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R7, R8, R9 : confitures enrichies en 35% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à $\alpha < 0,05$. Les valeurs en exposant avec des différentes lettres dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de signification de 5% ($\alpha \leq 0.05$) analysées par le test de Duncan.

Le degré Brix mesure le poids en grammes de matière sèche soluble (le taux de sucre dans les fruits) contenu dans 100 g de produit. Il est important de connaître le taux Brix lors du processus de fabrication de la confiture (**Dongare et al., 2014**).

Les degrés Brix des différents échantillons de confiture sont significativement différents et varient entre 56 et 69. Les résultats obtenus sont conformes aux normes, qui exigent des teneurs en matières sèches solubles comprises entre 60 à 65 ou plus pour les confitures (**JOCE, 2009 ; JORADP, 2020**).

L'augmentation des degrés Brix des confitures enrichies (R1, R2.... R9) est liée au remplacement de la citrouille par l'orange dans sa formulation.

Ferreira et al. (2004) et **Aslanova et al. (2010)** ont trouvé des degrés Brix de 75.1 et 72.7 respectivement pour la confiture de coings et la confiture de fraises.

En revanche, **Inam et al. (2012)** et **Touati et al. (2014)** ont rapporté des valeurs de 67,12 et 64.42 °Brix respectivement pour la confiture d'abricot et la confiture de mangue. Le degré Brix des confitures a été augmenté par l'accroissement de la température de cuisson (Tableau 12). Egalement, **Bousselma (2021)** a constaté une augmentation des niveaux des sucres contenus dans l'abricot avec l'accroissement de la température de séchage. Cette augmentation correspond à la concentration des sucres par l'élimination de H₂O.

2.5 Teneur en sucres totaux

Le taux des sucres dans les confitures préparées est représenté dans la figure 9.

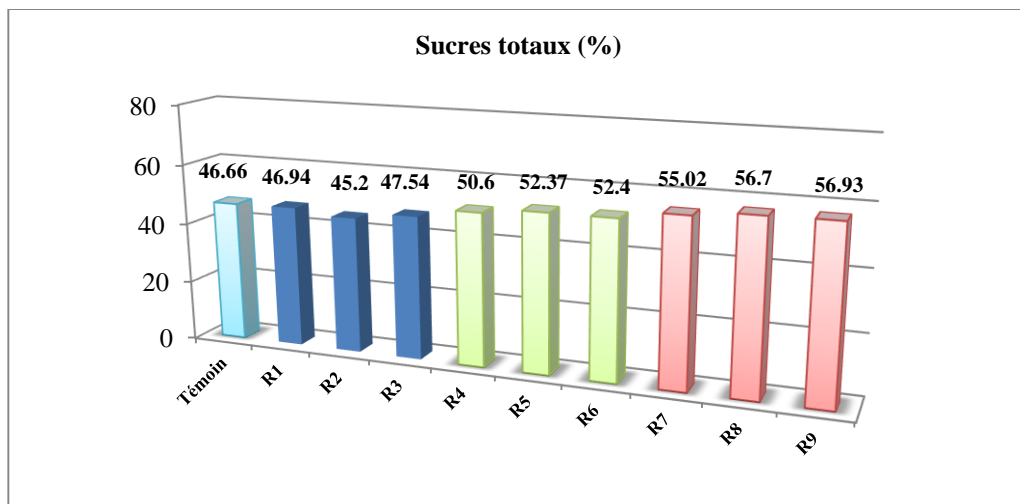


Figure 9 : Sucres totaux des confitures préparées.

R1, R2, R3 des confitures enrichies en 15% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R4, R5, R6 : confitures enrichies en 25% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R7, R8, R9 : confitures enrichies en 35% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement.

Les glucides totaux regroupent l'ensemble des polysaccharides, des oligosaccharides et des monosaccharides. Ils constituent la majeure partie de notre alimentation et sont apportés surtout par les fruits (**Lee et al., 1970**).

Le niveau de glucides dans les fruits et les produits fruitiers est d'un grand intérêt, car il influence ses propriétés organoleptiques et assure sa stabilité pendant le stockage (**Pavlova et al., 2013**).

La teneur en sucres totaux des différents échantillons de confitures variait entre 46.66 et 56.93%. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Touati et al. (2014)** pour la confiture d'abricots avec une teneur de (64.9%) et avec les résultats trouvés par **Mathlouthi et al. (2009)** pour les confitures de fraises, cerises et framboises (57.7 à 61.6 %).

Le taux de sucre augmente en augmentant le pourcentage d'orange incorporé à la confiture. Cela est dû à la richesse de l'orange en sucre par rapport à la citrouille.

En plus, la teneur en sucre des confitures a été augmentée par la température de cuisson (figure 9). Similairement, **Bousselma (2021)** a constaté une augmentation de la teneur en sucres d'abricot sous l'effet de l'accroissement des températures de séchage. Cette augmentation correspond à la concentration des sucres contenus dans les abricots séchés (élimination de H₂O). Donc le séchage influe positivement sur la teneur en sucres totaux des produits séchés.

2.6. Taux de polyphénols totaux

Le tableau 13 représente la teneur en polyphénols des confitures préparées.

Les teneurs en polyphénols des confitures préparées sont significativement différentes et variaient entre 19.22 et 24.45 mg EAG/100g. Ces valeurs sont inférieures à celle trouvée par **Aljahani et al. (2022)** (27.1 mg EAG/g.MS) pour la confiture de citrouille.

En comparaison aux confitures additionnées par l'orange, la confiture témoin contient une teneur en polyphénols élevée (24.45 mg EAG/100g). Ceci est dû à la richesse de la citrouille en composés phénoliques.

Tableau 13 : Teneur en polyphénols des confitures préparées.

Orange (%)	Température de cuisson (°C)	Code de confiture	Polyphénols (mg EAG/100g)
0%	/	Témoin	24.45±0.5 ^a
15%	80 °C	R1	23.95±0.9 ^g
	90 °C	R2	24.45±5.5 ^{fi}
	100 °C	R3	23.76±2 ^{db}
25%	80 °C	R4	22.46±1.13 ^e
	90 °C	R5	22.46±0.9 ^h
	100 °C	R6	21.96±2.1 ⁱ
35%	80 °C	R7	20.96±1.5 ^{bc}
	90 °C	R8	20.53±1.9 ^j
	100 °C	R9	19.22±2.5 ^c

R1, R2, R3 des confitures enrichies en 15% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R4, R5, R6 : confitures enrichies en 25% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R7, R8, R9 : confitures enrichies en 35% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. Les valeurs avec différents exposants sont significativement différentes à $\alpha < 0,05$. Les valeurs en exposant avec des différentes lettres dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de signification de 5% ($\alpha \leq 0.05$) analysées par le test de Duncan.

Le taux de polyphénols a été réduit en augmentant les températures de cuisson (Tableau13). **Mogol et Gökmen (2014)** ont rapporté que la cuisson à haute température affecte les différents constituants de l'aliment et diminue sa valeur nutritionnelle. **Bousselma (2021)** a trouvé une réduction dans le taux des polyphénols avec l'augmentation des températures de séchage d'abricot.

2.7. Vitamine C

La figure 10 montre la teneur en vitamine C dans les confitures préparées.

D'après la figure 10 on constate que l'addition de l'orange dans les confitures améliore son contenu en vitamine C (confiture témoin : 15.85 mg/100 g et confitures enrichies en orange : 22.5-33.32 mg/100g).

Les teneurs en vitamine C trouvées dans les confitures sont proches aux valeurs mentionnées par **Awad et Shokry (2018)** pour la confiture de citrouille (16.76-37.01 mg/100g).

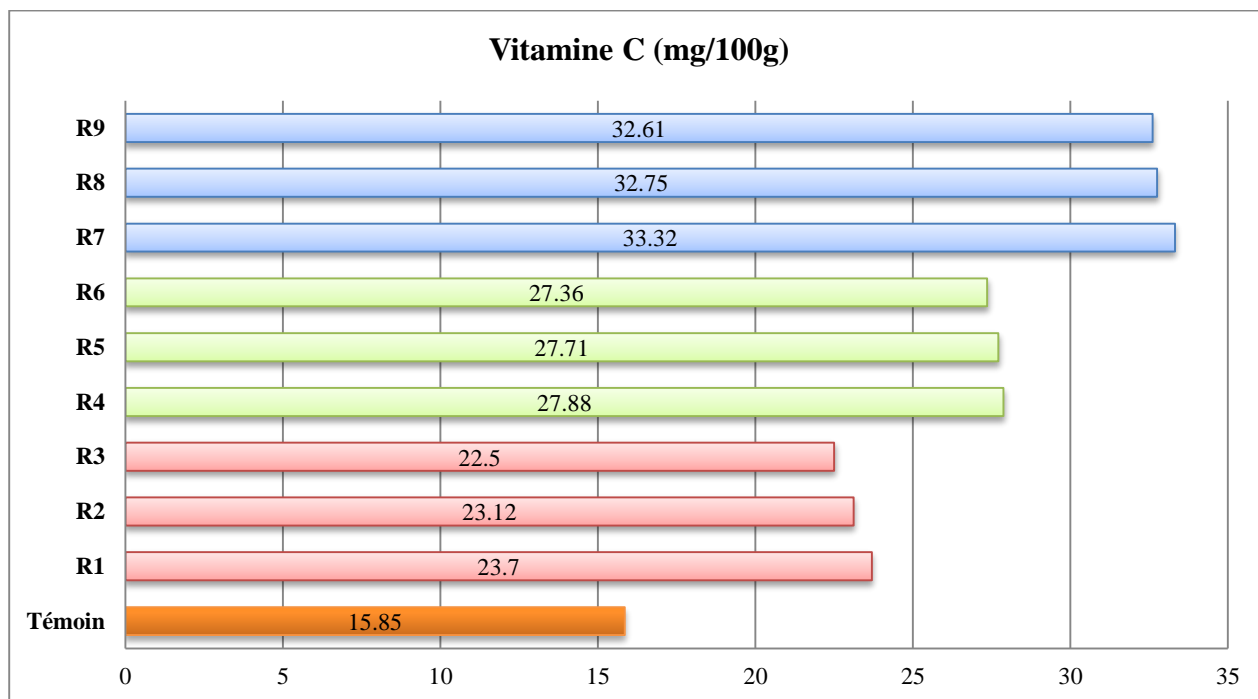


Figure10: Teneur en vitamine C dans les confitures préparées.

R1, R2, R3 des confitures enrichies en 15% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R4, R5, R6 : confitures enrichies en 25% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement. R7, R8, R9 : confitures enrichies en 35% d'orange et Cuits à 80 °C, 90 °C et 100 °C, respectivement.

Le contenu de vitamine C des différents échantillons de confiture a été diminué par l'augmentation de la température de cuisson (figure10). Similairement, **Awad et Shokry (2018)** ont rapporté que le chauffage et la cuisson utilisés lors de la transformation des fruits et légumes dégradent leur teneur en vitamines naturelles et en antioxydants présents dans ses produits transformés.

3. Propriétés organoleptiques de confitures préparées

Les 10 types de confiture préparées ont été codées par 3 chiffres (déterminés en fonction de pourcentage d'orange additionnée et aussi de température de cuisson) comme suite : (**100** : confiture témoin (0% orange/cuisson habituelle), **151** : confiture (15% orange/100 °C), **158** : confiture (15% orange /80 °C), **159** : confiture (15% orange /90 °C), **251** : confiture (25% orange /100 °C), **258** : confiture (25% orange /80 °C), **259** : confiture (25% orange /90 °C), **351** : confiture (35% orange /100 °C), **358** : confiture (35% orange

/80 °C), **359** : confiture (35% orange /90 °C).

3.1. Teste de classement (Agréabilité)

Les dégustateurs ont classé les 10 types de confiture (témoin et enrichies en orange) selon la fiche de classement de l'annexe 1 Le tableau 14 représente les cotes de classement données à chaque confiture par les 10 dégustateurs. L'échantillon auquel on accordait l'aspect le plus acceptable se voyait donner la cote 9, le suivant la cote 8 et celui qui paraissait le moins acceptable la cote 1.

Tableau 14 : Données du test de classement par rang d'acceptation de confiture témoin et des confitures enrichies en orange.

Code Dégustateur	Témoin (100)	R1 (151)	R2 (158)	R3 (159)	R4 (251)	R5 (258)	R6 (259)	R7 (351)	R8 (358)	R9 (359)
1	9	9	7	6	9	5	4	3	2	1
2	8	9	9	7	9	5	4	3	2	1
3	9	8	7	5	9	6	4	3	2	1
4	9	5	5	5	9	7	8	3	2	1
5	7	9	8	5	9	4	4	3	2	1
6	8	9	7	5	8	4	4	3	2	1
7	9	9	8	5	9	4	7	5	4	3
8	9	9	7	5	9	5	7	4	3	1
9	8	9	7	5	9	5	7	4	3	3
10	8	9	7	5	8	4	5	5	4	3
Total des cotes	84	85	72	53	88	49	54	36	26	16

Témoin (100): 0% orange/cuisson habituelle, R1 (151): 15% orange/100 °C, R2 (158): 15% orange /80 °C, R3 (159): 15% orange /90 °C, R4 (251): 25% orange /100 °C, R5 (258): 25% orange /80 °C, R6 (259): 25% orange /90 °C, R7 (351): 35% orange /100 °C, R8 (358): 35% orange /80 °C, R9 (359): 35% orange /90 °C.

La valeur critique calculée pour $\alpha=0,05$ (Test de Friedman), pour 10 dégustateurs et 10 échantillons est 43 d'après le tableau 14, annexe 3 (Watts et al., 1991). Le test de

signification (Test de *Friedman*) a révélé qu'il y a une différence significative entre les paires des confitures suivantes :

- Témoin - R7
- Témoin - R8
- Témoin - R9
- R1 - R7
- R1 - R8
- R1 - R9
- R2 - R8
- R2 - R9

Les valeurs des différences entre les paires des confitures précédentes sont supérieures à 43 (tableau 15).

La différence entre les paires de totaux était la suivante :

Tableau 15 : La différence entre les paires des confitures préparées.

	R4	R1	Témoin	R2	R6	R3	R5	R7	R8	R9
R4		03	04	16	34	35	39	52*	52*	72*
R1			01	13	31	32	36	49*	59*	59*
Témoin				12	30	31	35	48*	58*	58*
R2					18	19	23	36	46*	56*
R6						01	05	18	28	38
R3							04	17	27	37
R5								13	23	33
R7									10	20
R8										10
R9										

Témoin (100): 0% orange/cuisson habituelle, R1 (151): 15% orange/100 °C, R2 (158): 15% orange /80 °C, R3 (159): 15% orange /90 °C, R4 (251): 25% orange /100 °C, R5 (258): 25% orange /80 °C, R6 (259): 25% orange /90 °C, R7 (351): 35% orange /100 °C, R8 (358): 35% orange /80 °C, R9 (359): 35% orange /90 °C. (*) Différence significative.

Les dégustateurs ont classé la confiture R4 en premier lieu puisqu'elle est la plus acceptable (acceptation globale = 88), suivie de confiture R1 (acceptation = 85), puis la confiture de Témoin (acceptation = 84), la confiture R2 (acceptation = 72), confiture R6

(acceptation = 54), confiture R3 (acceptation = 53), confiture R5 (acceptation = 49), confiture R7 (acceptation = 36) et enfin confiture R8 (acceptation = 26). Tandis que, la confiture R9 est la moins acceptée (acceptation = 16) par les dégustateurs.

Le classement des 10 confitures préparées est: R4, R1, Témoin, R2, R6, R3, R5, R7, R8 et R9.

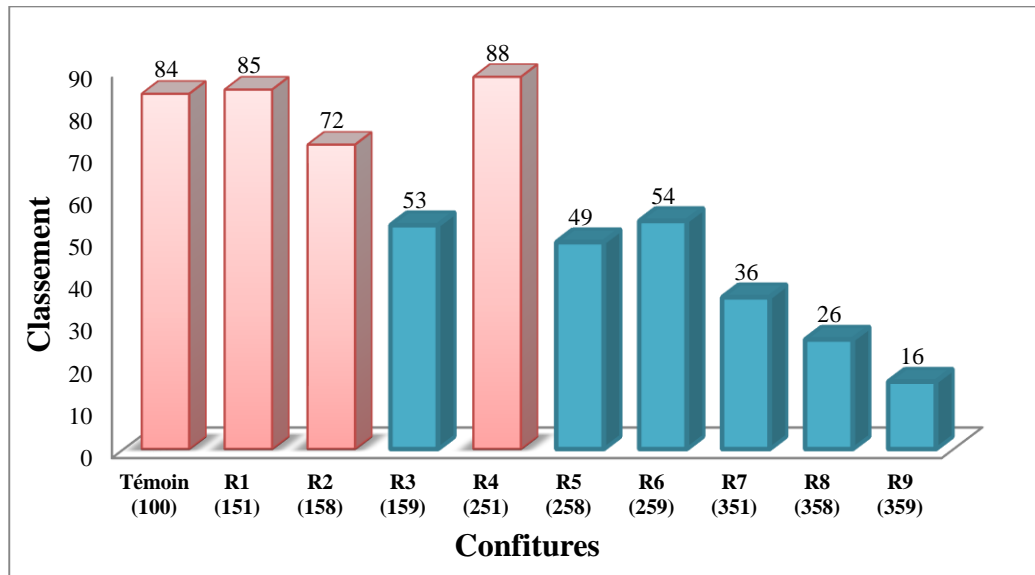


Figure 11 : Résultats du test de dégustation des confitures préparées.

3.2. Teste hédonique

L'effet de l'incorporation de l'orange et de la cuisson aux différentes températures sur les propriétés sensorielles de la confiture de citrouille a été évalué et présenté dans le tableau 16. Tandis que, la figure 11 montre les profils sensoriels des confitures préparées.

Tableau16: Propriétés sensorielles de confiture témoin et des confitures enrichies en orange.

Propriété Confiture	Texture	Gout	Acidité	Couleur	Présence des morceaux
Témoin (100)	7.8±1.5 ^a	7.4±0.9 ^{bc}	1.8±0.6 ^{ab}	7.9±1.7 ^b	2.4±0.2 ^a
R1 (151)	8.3±0.5 ^f	8.2±2.1 ^a	1±0.5 ^d	8±3.1 ^d	1.5±1 ^f
R2 (158)	7.2±1.1 ^g	6.6±1.5 ^c	3.6±1.6 ^b	7.2±1.8 ^e	3.95±0.3 ⁱ
R3 (159)	5.1±0.2 ^c	5±0.2 ⁱ	5.4±2 ^f	6.7±0.6 ^g	4.5±1.2 ^j
R4 (251)	9±0.7 ^{hb}	9±0.5 ^d	0.5±0.1 ^c	8.9±0.3 ^j	0.82±0.2 ^g
R5 (258)	4.1±2.2 ⁱ	4±0.5 ^g	6.3±0.3 ^g	6.3±0.5 ⁱ	5.2±0.3 ^c
R6 (259)	6.1±0.5 ^d	5.8±0.9 ^e	4.5±1.5 ^e	7.7±0.4 ^c	4±2.5 ^h
R7 (351)	3.1±0.8 ^j	3±1.5 ^h	7.2±1.8 ^j	6.1±0.7 ^a	5.5±0.7 ^{ba}
R8 (358)	2.2±0.3 ^b	2±1 ^j	8.1±0.5 ⁱ	5.8±0.3 ^h	5.93±0.8 ^e
R9 (359)	1.7±0.5 ^e	1±0.9 ^f	8.5±0.1 ^h	6±0.9 ^f	6.2±1.9 ^d

Témoin (100): 0% orange/cuisson habituelle, **R1 (151):** 15% orange/100 °C, **R2 (158):** 15% orange /80 °C), **R3 (159):** 15% orange /90 °C, **R4 (251):** 25% orange /100 °C, **R5 (258):** 25% orange /80 °C, **R6 (259):** 25% orange /90 °C, **R7 (351):** 35% orange /100 °C, **R8 (358):** 35% orange /80 °C, **R9 (359):** 35% orange /90 °C. Les valeurs en exposant avec des différentes lettres dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de signification de 5% ($\alpha \leq 0,05$) analysées par le test de Duncan.

Le teste hédonique permet de mettre en évidence les différences entre la confiture témoin et les confitures enrichies en orange aussi de définir le profil sensoriel. Les résultats du test ANOVA mentionnent au seuil de probabilité de 5%, les différences significatives entre les 10 confitures préparées.

D’après les résultats on constate que la confiture enrichie en 25% d’orange et cuit à 100 °C (R4) est le plus agréable et possède les scores les plus élevés pour le gout, la texture et la couleur. Tandis que, cette confiture présente une faible acidité et ne contient que peu de morceaux de citrouille et d’orange (figure 12).

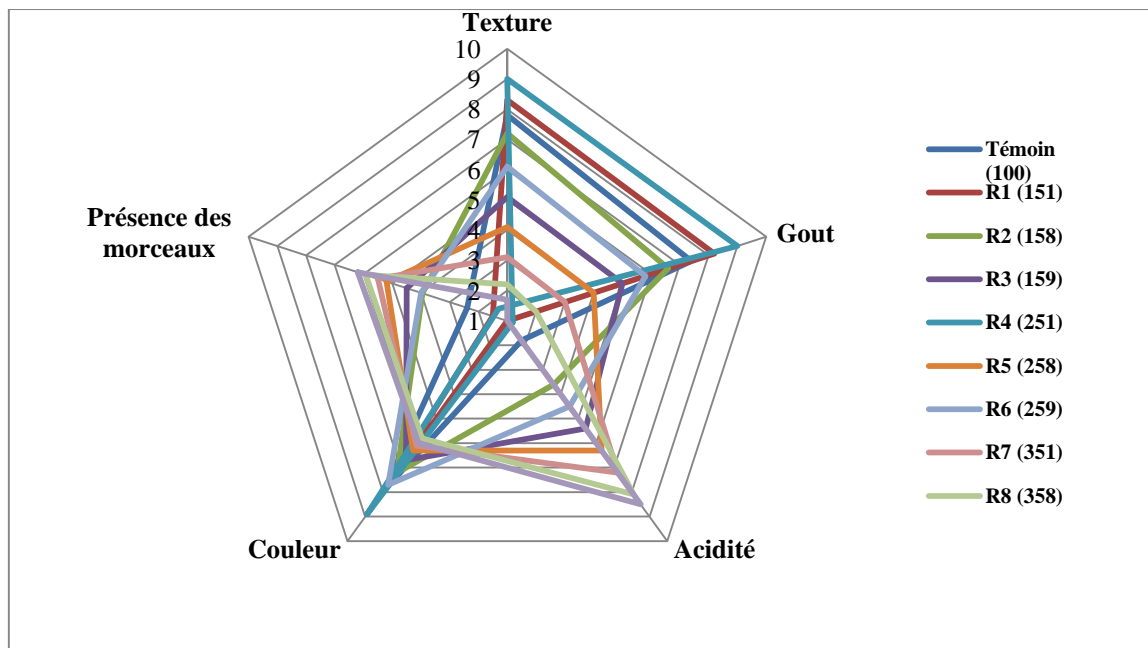


Figure 12: Profils sensoriels de confiture témoin et des confitures à base de citrouille.

Les scores de confiture enrichie en 15% d'orange et cuit à 100 °C (R2) sont proches de ceux de confiture de Témoin.

Les résultats ont montré que l'augmentation des taux d'orange et la diminution des températures de cuisson entraînent une réduction de propriétés organoleptiques de confiture de citrouille (l'acidité, le gout et la texture, notamment).

Aljahani et al. (2022) ont rapporté que la majorité des dégustateurs préfère le gout, la couleur et la texture de la confiture de citrouille.

En plus, **Awad et Shokry (2018)** ont trouvé une diminution des propriétés sensorielles de confiture à base de citrouille par l'augmentation de volume de jus d'orange additionné.

Dans le même temps, la couleur des confitures préparées a été légèrement affectée par l'addition d'orange et la diminution de température de cuisson (tableau 17). Cela est dû à la similitude de la couleur de la citrouille avec la couleur orange.

La confiture enrichie en 35% d'orange et cuit a 90 °C (R9) est le moins agréable par les dégustateurs (tableau 17).

L'analyse sensorielle a révélé que le meilleur profil sensoriel a été observé dans le cas de confiture enrichie en 25% d'orange et cuit à 100 °C (figure12.).

4. Optimisation par plan d'expériences de la formulation de confiture

4.1. Ajustement du modèle

L'analyse de la variance induite par l'étude de l'effet de l'addition de différents pourcentages d'orange et de changement de température de cuisson sur la qualité des confitures préparées est montrée dans le Tableau 17.

Tableau 17 Paramètres d'analyse de la variance (ANOVA) du test de traçage pour la formule des surfaces de réponse des confitures enrichies en différents pourcentages d'orange et cuites aux différentes températures.

Composé/Propriété	Manque d'ajustement	RMSE	Valeur p	R-Sq (%)
Humidité (%)	2.7272	1.43.02	0.0044*	97
Cendres (%)	0.000773	0.0241	0.01132*	82
pH	0.002016	0.0389	0.0004*	99
Brix°	1.02829	0.8782	0.0017*	98
Sucres totaux (%)	1.32960	0.9976	0.0031*	97
Polyphénols (mg EAG/100g)	0.040324	0.1739	0.0001*	99
Vitamine C (mg/100g)	0.033858	0.01325	0.00339*	99

*: Significatif à $\alpha \leq 0.05$.

L'analyse statistique indique que l'ajustement de modèle était adéquat (R^2 élevée avec sa signification) pour toutes les réponses sauf les réponses des confitures (**Matos et Rosell, 2012 ; Phatcharee et al., 2014**).

4.2. Confitures optimales

Les tableaux 18 et 19 représentent l'optimisation de la formulation des confitures 'à base de citrouille' enrichies en orange avec les modèles expérimentaux d'optimisation, respectivement.

Tableau 18 : Optimisation la formulation des confitures ‘à base de citrouille’ enrichies en orange.

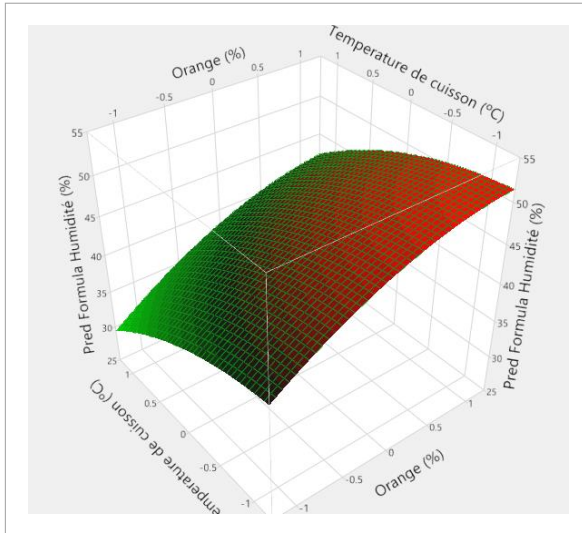
Composé/Propriété	Orange (%)	Température de cuisson (°C)	Valeur prédite	Valeur calculée	Désirabilité
Humidité (%)	15	100	33.36	32.3	0.194454
Cendres (%)	15	80	1.09	1.11	0.803602
pH	15	80	3.92	3.89	0.972712
Degré Brix	14.52	80	56.58	56	0.157041
Sucres totaux (%)	14.31	90	46.82	45.2	0.239212
Polyphénols (mg EAG/100g MS.)	14.53	90	24.27	24.45	0.863549
Vitamine C (mg/100g)	14.53	80	33.01	33.32	0.902088

Pour obtenir une bonne qualité nutritive des confitures enrichies en orange et cuites aux différentes températures, on applique les conditions déterminées dans le Tableau 18 (Annexe 4) et les équations illustrées dans le tableau 19 pour prédire l'évolution des différents composés des confitures en fonction de changement des conditions de formulation.

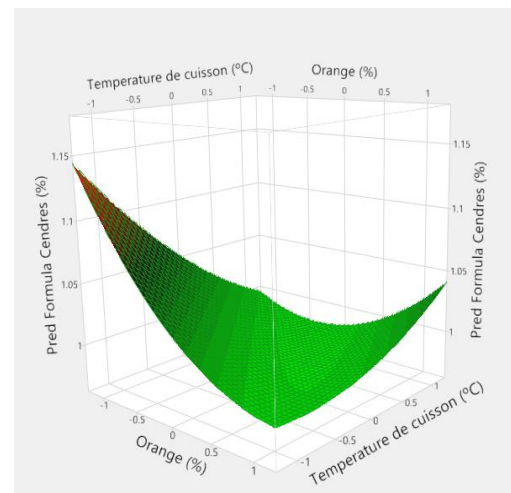
Tableau 19 : Modèles expérimentaux d'optimisation de la formulation.

Composé/Propriété	Modèle expérimental d'optimisation
Humidité (%)	$Y = 45.3 + 4.76 \cdot X_1 + -4.06 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 \cdot 0.30 + X_1 \cdot X_1 \cdot -1.5 + X_2 \cdot X_2 \cdot -1.3$
Cendres (%)	$Y = 0.99 + -0.021 \cdot X_1 + -0.019 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 \cdot 0.031 + X_1 \cdot X_1 \cdot 0.02 + X_2 \cdot X_2 \cdot 0.011$
Ph	$Y = 3.34 + -0.275 \cdot X_1 + -0.11 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 \cdot -0.049 + X_1 \cdot X_1 \cdot 0.21 + X_2 \cdot X_2 \cdot 0.0021$
Degré Brix	$Y = 64.27 + 4.41 \cdot X_1 + 1.56 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 \cdot 0.77 + X_1 \cdot X_1 \cdot -2.75 + X_2 \cdot X_2 \cdot -0.0071$
Sucres totaux (%)	$Y = 51.93 + 4.82 \cdot X_1 + 0.718 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 \cdot 0.32 + X_1 \cdot X_1 \cdot -0.547142857142855 + X_2 \cdot X_2 \cdot 0.002$
Polyphénols (mg EAG/100g MS.)	$Y = 22.53 + -1.90 \cdot X_1 + -0.40 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 \cdot -0.387 + X_1 \cdot X_1 \cdot -0.12 + X_2 \cdot X_2 \cdot -0.40$
Vitamine C (mg/100g)	$Y = 27.65 + 4.89 \cdot X_1 + -0.405 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 \cdot 0.12 + X_1 \cdot X_1 \cdot 0.33 + X_2 \cdot X_2 \cdot 0.017$

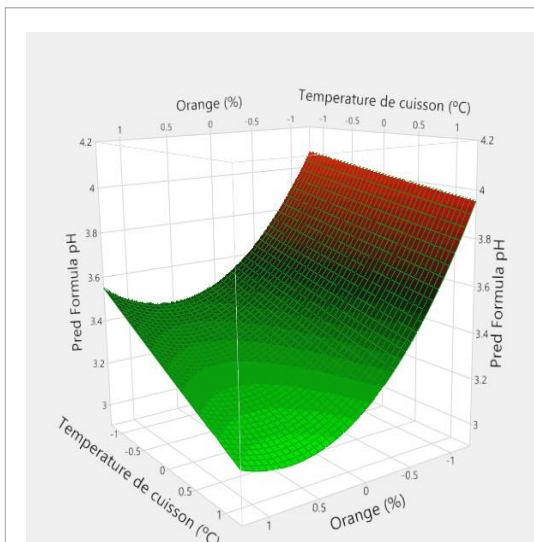
La sélection de meilleur pourcentage d'orange et de la bonne température de cuisson de confiture est optimisée par le plan d'expériences pour l'obtention d'une confiture de meilleure qualité (figure 13).



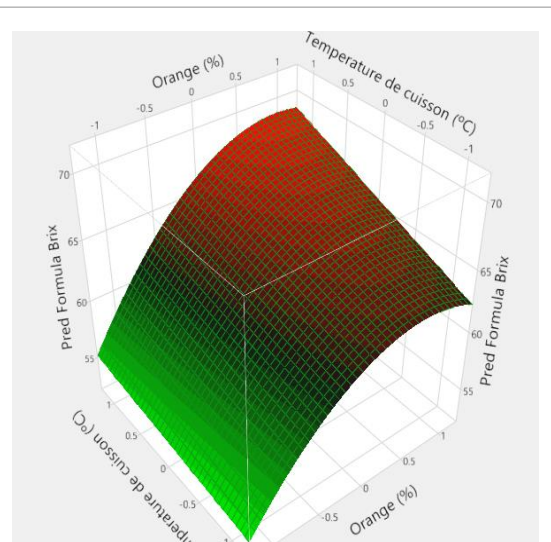
A: Humidité



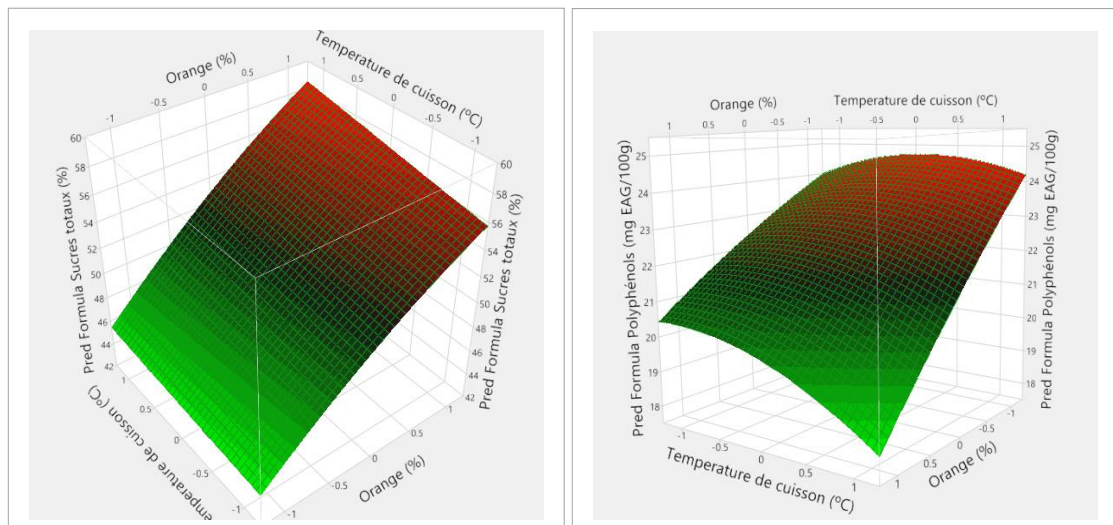
B: Cendres



C: pH

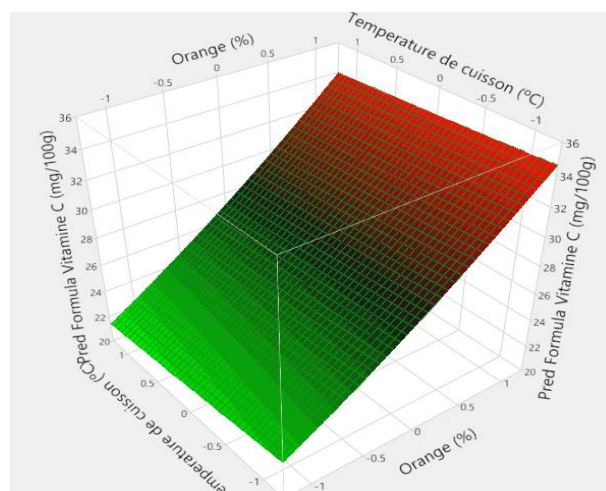


D: Degré Brix



E: Sucres totaux

F: Polyphénols



G: Vitamine C

Figure 13 : Courbe de surface de réponse (RSM) des effets de pourcentage de l’orange et de température de cuisson sur les différentes propriétés physicochimiques (A, B, C, D, E, F et G) des confitures formulées.

L’optimisation du processus d’enrichissement et de cuisson des confitures peut conduire à une amélioration de sa fonctionnalité et sa qualité nutritive à promouvoir la santé.

CONCLUSION

Conclusion

L'objectif de notre travail est de formuler une confiture à base de citrouille qui présente des avantages nutritionnels et thérapeutiques très connus puis enrichir la confiture en orange. Ensuite, d'estimer les différentes propriétés physico-chimiques et organoleptiques des confitures préparées avec l'optimisation de sa formulation.

D'après notre résultats on constate que :

- La confiture enrichie en 15% d'orange et cuite à 100 °C contient un taux d'humidité réduit (32.3%). En revanche, l'addition de l'orange à la confiture réduit sa teneur en eau. Cela est dû à la faible humidité contenue dans l'orange (89.9%) en comparaison à la citrouille (84.5%).
- La teneur en humidité des confitures a été réduite en augmentant la température de cuisson. Cela provient de l'évaporation de l'eau sous l'effet de l'augmentation de la température.
- Le taux des cendres a été diminué par l'incorporation de l'orange dans la confiture. En plus, la teneur en cendres n'est pas affectée par la température de cuisson. Contrairement aux vitamines et aux acides aminés, les cendres ne peuvent pas être détruits par une exposition prolongée à la chaleur.
- La teneur en sucres totaux des différents échantillons de confitures variait entre 46.66 et 56.93%.
- Le taux de sucre augmente en augmentant le pourcentage d'orange incorporé à la confiture. Cela est dû à la richesse de l'orange en sucre par rapport à la citrouille.
- En plus, la teneur en sucre des confitures a été augmentée par la température de cuisson Cette augmentation correspond à la concentration des sucres contenus dans la confiture par l'évaporation de l'eau.
- Les teneurs en polyphénols des confitures préparées sont significativement différentes et variaient entre 19.22 et 24.45 mg EAG/100g.
- Le taux de polyphénols a été réduit en augmentant les températures de cuisson. La cuisson à haute température affecte les différents constituants de l'aliment et diminue sa valeur nutritionnelle.
- L'addition de l'orange dans les confitures améliore son contenu en vitamine C (confiture témoin :15.85 mg/100 g et confitures enrichies en orange :22.5-33.32

mg/100g).

- Le contenu de vitamine C des différents échantillons de confiture a été diminué par l'augmentation de la température de cuisson. Le chauffage et la cuisson utilisés lors de la transformation des fruits et légumes dégradent leur teneur en vitamines naturelles et en antioxydants présents dans ses produits transformés.
 - La confiture enrichie en 25% d'orange et cuit à 100 °C (R4) est la plus agréable et possède les scores les plus élevés pour le goût, la texture et la couleur.
 - L'augmentation des taux d'orange et la diminution des températures de cuisson entraînent une réduction de propriétés organoleptiques de confiture de citrouille (l'acidité, le goût et la texture, notamment).
-
- ✓ Les résultats obtenus dans cette étude servent de base pour des travaux ultérieurs, qui devraient être approfondis et améliorés dans diverses directions. Les perspectives d'avenir incluent:
 - ✓ Détermination de la composition en caroténoïdes et en oligo-éléments;
 - ✓ Estimer les propriétés rhéologiques des confitures préparées ;
 - ✓ Etudier la stabilité microbiologique des confitures au cours de sa conservation

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Acourene S., Djafri K., Benchabane A., Tama M. et Taleb B. (2014). Dates Quality Assessment of the Main Date Palm Cultivars Grown in Algeria. *Annual Research and Review in Biology*, 4(3): 487-499.

Adubofuor Joseph, Amoah Isaac et Agyekum Pearl Boamah. (2016). Physicochemical Properties of Pumpkin Fruit Pulp and Sensory Evaluation of Pumpkin-Pineapple Juice Blends. *American Journal of Food Science and Technology*, 4(4): 89-96.

Afoakwa E.O., Paterson A., Fowler M. et Ryan A. (2009). Matrix effects on flavour volatiles released in dark chocolates varying in particle size distribution and fat content using GC-mass spectrometry and GC-olfactometry. *Food Chemistry*, 113: 208-215.

Agrahar-Murugkar, D., Gulati, P., Kotwaliwale, N. et Gupta, C. (2015). Evaluation of nutritional, textural and particle size characteristics of dough and biscuits made from composite flours containing sprouted and malted ingredients. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8):5129-5137.-. 40 p.

Ait Ameer Lamia. (2006). Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard : Intérêt de la fluorescence frontale. Thèse de doctorat. Biologie. Ecole Doctorale ABIES, Paris. 207 p.

Aiteur Akila, Messaoudi Farida et Mimoune Amina. (2007). Le contrôle de la qualité d'une eau fruitée à l'orange (*Boisson Tchina*). Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat. Sciences Biologiques. Université Mohamed Seddik Ben Yahia -Jijel-. 40 p.

Aiteur Akila, Messaoudi Farida et Mimoune Amina. (2007). Le contrôle de la qualité d'une eau fruitée à l'orange (*Boisson Tchina*). Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat. Sciences Biologiques. Université Mohamed Seddik Ben Yahia –Jijel

Aljahani Amani Hamza, Alkuraieef Amal Nassir et Aljabryn Dalal Hamad. (2022). Effect of gamma irradiation and calcium carbonate on the overall quality of pumpkin jam during storage. *Food Sciences and Technology Campinas*, 42 (e94722): 1-9.

Awad Sara M.S. et Shokry Amira M. (2018). Evaluation of Physical and Sensory Characteristics of Jam and Cake Processed Using Pumpkin (*Cucurbita moschata*). *Middle East Journal of Applied Sciences*, 8(2): 295-306.

Barhoum S. et Elgahri N. (2020). Interaction entre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) et les caractéristiques biochimiques de quelques cultivars de palmier dattier *Phoenix dactylifera*. Mémoire de master. Sciences biologiques. Université Mohamed Khider-Biskra.

Belscak-Cvitanovic, A., Komes, D., Berkovic, M., Karlovic, S., Hecimovic, I., Jezek, D. et Bauman, I. (2012). Innovative formulations of chocolates enriched with plant polyphenols from *Rubus idaeus* L. leaves and characterisation of their physical, bioactive and sensory properties. *Food Research International*, 48: 820-830.

Belaroussi M. (2019). Etude de la production du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) variété Deglet Nour : cas des régions de Oued Mya et Oued Righ. Thèse de Doctorat. Sciences Agronomiques. Université Kasdi Merbah-Ouargla.

Belkacemi D. et Rahmani S. (2019). Essai d'Incorporation de la Poudre de Datte Obtenue par Séchage dans une Formulation Alimentaire (Madeleine). Mémoire de master. Sciences Agronomiques. Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira.

Benamara, R. N. (2017). Intitulé de la thèse (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen).

Bezghouche S. et Selatnia Y. (2013). Contribution à l'étude de quelques caractéristiques physicochimiques et organoleptiques de quelques variétés de dattes Algériennes. Mémoire de Master. Biochimie et Microbiologie Appliquée. Université 8 Mai 1945-Gulma. 75p.

Bousselma Abl. (2021). Étude de procédé de transformation d'abricot (*Prunus armeniaca* L.) en produit fini par séchage. Thèse de doctorat. Sciences Alimentaires. Université Hadj Lakhdar Batna 01-. 130p.

Bourekoua, H., Benatallah, L., Zidoune, M.N. et Rosell, C.M., 2016. Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours. *LWT Food Science and Technology*, 73(2016): 342-350.

Chira K., Such J. H., Saucier C. & Teissèdre L. (2008). Les polyphenols du raisin. *Phytothérapie*. 6: 78-82.

Choi M. H., Kima G. H. & Lee H. S. (2002). Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Research International*. 35: 753-759.

CODEX STAN 296–2009 (2009). Codex standard for jam, jellies and marmalades.

Chibane H., Benamara S., Noui Y. et Djouab A. (2007). Some physicochemical and Morphological Characterizations of Three Varieties of Algerian Common Dates. *European*

Journal of Scientific Research, 18 (1): 134-140.

Compos Bogdanov S., Almeida-Muradian L.B., Szczesna T., Mancebo Frigerio C. et Ferreira F. (2008). Composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp preconditioning and fermentation. *Journal of Food Science and Technology*, 1(1): 1097-1105.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., et Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.

Doukani, K., et Tabak, S. (2015). Profil Physicochimique du fruit » Lendj » (Arbutus unedo L.). *Nature & Technology*, (12), 51.

Idder M., Ighili H., Mitiche B. et Chenchouni H. (2015). Influence of date fruit biochemical characteristics on damage rates caused by the carob moth (*Ectomyelois ceratoniae*) in Saharan oases of Algeria. *Scientia Horticulturae*, 190 (2015): 57-63.

Ghezal Chourouk, Mehrez Amel et Zebidi Sara (2022). Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de trois variétés des dattes de la région d'EL-Oued (Ghars, Deglet Nour, Degla Beida). Mémoire de Master. Biochimie appliquée. Université Echahid Hamma Lakdhar- EL Oued.

Galla, N.R., Pamidighantam, P.R., Karakala, B., Gurusiddaiah, R.M. et Akula, S. (2007).

Nutritional, textural and sensory quality of biscuits supplemented with spinach (*Spinacia oleracea* L.). *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 7: 1-20.

Goupy, J. (2006). Les plans d'expériences. (34), 74-116. Revue MODULAD, 2006.

Goupy, J. et Creighton, L., 2006. Introduction aux plans d'expériences. *Donud*. 336p

Hegazy, N.A., Kamil, M.M., Hussein, A.M.S. et Bareh, G.F., 2014. Chemical and technological properties of improved biscuit by chestnut flour. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 3(6): 7-15.

Hyun-Jung, C., Ahra, C. et Seung-Taik, L., 2014. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rice in sugar-snap cookies, *LWT - Food Science and Technology*, 57: 260-266.

Jeyarani T., Banerjee T., Ravi R. et Krishna A. G. (2015). Omega-3 fatty acids enriched chocolate spreads using soybean and coconut oils. *Journal of food science and technology*, 52, 1082-1088.

J.O.R.A.D.P. (2020). Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire. Décret exécutif n° 05-464 du 6 Décembre 2005 correspondant au 4 Dhou El Kaada 1426, fixant les spécifications techniques des confitures, gelées, marmelades et produits similaires destinés à la consommation humaine. p29-33.

J.O.C.E. (2009). Journal officiel des Communautés européennes. Norme pour les confitures, gelées et marmelades (CXS 296-2009). p2-8.

Jeyarani, T., Banerjee, T., Ravi, R. et Krishna, A. G. (2015). Omega-3 fatty acids enriched chocolate spreads using soybean and coconut oils. *Journal of food science and technology*, 52(1): 1082-1088.

Koffi E., Sea T., Dodehe Y. and Soro S. (2010). Effect of solvent type on extraction of polyphenols from twenty three Ivorian plants. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 5(3): 550-558.

Lahcene Nessoumer Amina et Boudani Rahma. (2019). Effet des modes de cuisson sur la qualité nutritionnelle de certains types de viande. Mémoire de master. Nutrition et pathologies. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 44-55p.

Lekbir Adel. (2016). Evolution des composés phénoliques et des paramètres biochimiques de trois variétés de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) au cours de différents stades de maturation. Thèse de doctorat. Sciences Agronomiques. Université Hadj Lakhdar- Batna01-. 187p.

Metlef Sarra, Azdinia Zidane et Gadouche Leila. (2022). Évaluation de la qualité physico-chimique d'un jus de fruit soumis à quelques traitements thermiques durant sa conservation. *Revue Nature et Technologie*, 14 (2) : 33-41. <https://www.asjp.cerist.dz/en/Articles/47>.

Mogol, B.A. et Gökmen, V., 2014. Mitigation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in biscuits using a combined partial conventional baking and vacuum post-baking process: Preliminary study at the lab scale. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26: 265-270.

Mudgil, D., Barak, S. et Khatkar, B.S. (2017). Cookie texture, spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fiber, baking time and different water levels. *LWT - Food Science and Technology*, 80: 537-542.

Matos, M.E. et Rosell, C.M. (2012). Quality indicators of rice-based gluten-free bread-like products: relationships between dough rheology and quality characteristics. *Food Bioprocess Technology*, 6: 2331-2341.

Mogol, B.A. et Gökmen, V. (2014). Mitigation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in biscuits using a combined partial conventional baking and vacuum post-baking process: Preliminary study at the lab scale. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26: 265-270.

Naoui Yassine. (2016). Fabrication et caractérisation des produits alimentaire élaborés a base de datte (*Phoenix dactylifera* L.). Thèse de doctorat. Technologie Alimentaire. Université El Hadj Lakhdar- Batna01-. 98p.

Phatcharee, K., Pitiporn, R. et Manop, S., 2014. Optimization of hydroxypropylmethylcellulose, yeast b-glucan, and whey protein levels based on physical properties of gluten free rice bread using response surface methodology. *Food Science and Technology*, 57 : 738-748.

Retima L. (2015). Caractérisation morphologique et biochimique de quelque cultivars du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) dans la région de Foughala (Wilaya du Biskra). Mémoire de Master. Sciences Agronomiques. Université El Hadj Lakhdar- Batna.

Rosales R., Photchanachai S., Khanobdee C., Boonyaritthongchai P. et Wongs-Aree C. (2022). Store or not to store: a comparative study on the physicochemical properties of pumpkin. *International Conference on Sustainability Agriculture and Biosystem (ICSAB 2022): IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1182 (2023):1-8.

Simurina, O.D., Ikonc, B.B., Jevtic-Mucibabic, R.C., Belovic, M.M., Koprivica, G.B. et Misljenovic, N.M., 2012. Application of response surface methodology in the development of specialty bread with sugar beet molasses, flax seed and vital wheat gluten. *Food and Feed Research*, 39: 11-21.

Sayah Z. (2018). Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques et activités biologiques de quelques dattes sèches, molles et demi-molles de la cuvette de Ouargla au stade Routab et Tmar. Thèse de Doctorat. Sciences Biologiques. Université Kasdi Merbah-Ouargla.

Sayah Z. et Didi Ould El Hadj M. (2010). Etude comparative des caractéristiques Physico-chimiques et biochimiques des dattes de la cuvette de Ouargla. *Annales des Sciences et Technologie*, 2(1): 87-92.

Shravan R., Shere D.M. et Joshi Monali M. (2018). Study of physico-chemical characteristics of sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(6): 1687-1689.

Shravan R., Shere D.M. et Joshi Monali M. (2018). Study of physico-chemical characteristics of sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit. *Journal of Pharmacognosy and*

Phytochemistry, 7(6): 1687-1689.

Teshome, E., Tola, Y.B. et Mohammed, A. (2017). Optimization of baking temperature, time and thickness for production of gluten free biscuits from Keyetena Teff (*Eragrostis tef*) variety. *Journal of Food Processing and Technology*, 8(5): 2-8.

Teshome E., Tola Y.B. et Mohammed A. (2017). Optimization of baking temperature, time and thickness for production of gluten free biscuits from Keyetena Teff (*Eragrostis tef*) variety. *Journal of Food Processing and Technology*, 8(5): 2-8.

Watts B.M., Ylimaki G.L., Jeffery L.E. et Elias L.G. (1991). Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. Lise Proulx-Thérien, Ottawa, Canada. ISBN : 0-88936-569-5. 114

Yahmi T. et Tigharghar D. (2017). Incorporation de la poudre de Dattes (Degla Beida) dans la fabrication d'un aliment fonctionnel(Sablé). Mémoire de Master. Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri-Tizi-Ouzou.

Références électroniques

- <https://www.futura-sciences.com/planete/photos/environnement-18-citrouilles-halloween-monstrueusement-originales-621/environnement-histoire-origine-citrouille-3122/>. Consulté le13/05/2023.
- <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-citrouille-19757>. Consulté le13/05/2023.
- https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=citrouille_nu . Consulté le24/05/2023.
- http://biblio.univantanarivo.mg/pdfs/rakotovololonaLalaLF_AGRO_ING_11.pdf Consulté le27/05/2023.
- <https://journalarrb.com/index.php/ARRB/article/view/25003>. Consulté le13/05/2023.
- [Commission du Codex Alimentarius \(2010\) ; Norme générale codex pour les confitures et gelées ; CODEX STAN 79-1989, cité le 5 novembre 2010 sur www.codexalimentarius.net](#) Consulté le 01/062023
- [NOËL F\(2008\) ; Les aliments : l'histoire de la confiture ; cité le 26 octobre 2008 sur](#) Consulté 01/06/2023.
- www.dieteform-01.over-blog.fr Consulté le 11/06/2023.
- www.elsevier.com/locate/scihorti Consulté le 11/06.2023.

Annexes

Annexe 1

Questionnaire d'analyse sensorielle

GRILLE DE DÉGUSTATION

Nom :
 ...
 Prénom :
 ...
 Age :
 .
 Profession :
 Sexe : femelle male
 Date :

➤ Teste d'acceptation

Les 10 confitures codées 100, 101, 108, 109, 201, 208, 209, 301, 308 et 309 sont présentés.
 Pour chacun attribuez une note de 1 à 9 selon un ordre croissant d'appréciation.

Acceptation

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Extrêmement déplaisante			Moyenne			Extrêmement plaisante		

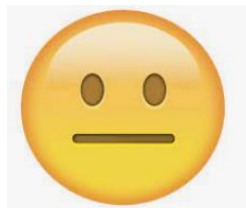
➤ Teste de classement

Les 10 confitures codées (100, 101, 108, 109, 201, 208, 209, 301, 308 et 309) à vous présentés, goutez les successivement, puis choisissez celui que vous préférez et les classés selon un ordre croissant d'agrabilité.

Agréabilité (Préférence)



Peu agréable



Moyenne



Plus agréable

➤ Test hédonique

Quel est la différence entre les 10 chocolats (100, 101, 108, 109, 201, 208, 209, 301, 308 et 309) ?

La texture

La consistance

La couleur

Le gout

Les ingrédients

Autre citez le

Veillez examiner et goûter chaque échantillon de confiture. Indiquez dans quelle mesure vous avez aimé ou pas aimé chaque échantillon en cochant la mention appropriée. Les codes attribués aux échantillons sont (100, 101, 108, 109, 201, 208, 209, 301, 308 et 309)

- **La texture**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

N'aimer pas extrêmement

Aimer extrêmement

- Caractéristique de texture

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Granuleuse

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Visqueuse

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Pâteuse

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Crémeuse

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Présence de morceaux

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Lisse

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

- **Le gout**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

N'aimer pas extrêmement

Aimer extrêmement

- Caractéristique de gout

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Sucrée

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Orange

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Abricot

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Citrouille

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Carotte

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Mangas

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

- **L'acidité**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

N'aimer pas extrêmement

Aimer extrêmement

- La couleur

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

N'aimer pas extrêmement

Aimer extrêmement

• Caractéristique de la couleur

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Orange

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Jaune

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

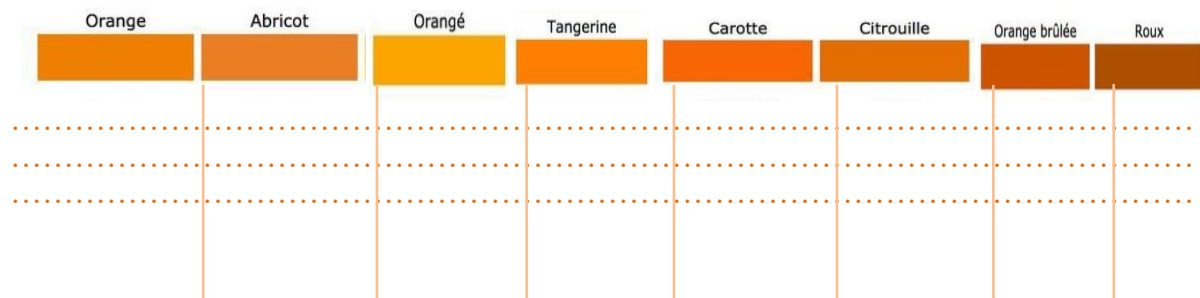
Marron

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Intensité de la couleur

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Q1: COULEUR



INTENSITÉ DE LA COULEUR : pâle /clair moyen foncé /sombre

Q2 : Viscosité

Moins visqueux

plus visqueux

AUTRES OBSERVATIONS:

.....
.....
.....

Q3 : NATURE DES ARÔMES

Discret 1 moyen 2 intense 3 nature 4 artificiel 5

- 100 :.....
- 101 :.....
- 108 :.....
- 109 :.....
- 201 :.....
- 208 :.....
- 209 :.....
- 301 :.....
- 308 :.....
- 309 :.....

AUTRES OBSERVATIONS:

.....
.....

Q4 : NATURE DES SAVEURS

- ACIDITÉ

Moins d'acidité

plus acidité

- SUCRÉ

Moins sucré

plus sucré

Q5 :

APPRÉCIATION GÉNÉRAL

Je n'aime pas indifférent j'aime j'adore

Q6 :

Je trouve que cette confiture

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N'est pas naturelle naturelle										est

Q7 :

Selon moi, ce produit a

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très mauvais gout										très bon gout

Q8 :

Je trouve ce produit

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peu attrayant										attrayant

Q9 :

Etes vous d'accord ou non avec ces 2 :

	1= pas du tout	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tout à fait
d'accord											
Ce produit me paraît sain											
Je pense que le produit est de bonne qualité											

Q10 :

..... Il y aurait :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peu de chance pour que je l'achète										
Beaucoup de chance pour que l'achète										

Q11 :

.....ma décision de l'acheter serait

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Définitivement NON											Définitivement OUI

Q12 :

Etes_ vous d'accord ou non avec

1= pas du tout d'accord

10=tout à fait d'accord

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Je suis très favorable à cette confiture										

Q13 :

Quel prix maximum seriez vous disposé à payer pour ce pot de confiture ?

DA

Q14 :

Selon vous, de quoi est faite cette confiture ?



Carotte



orange



abricot



citrouille



Mangas

Q15 :

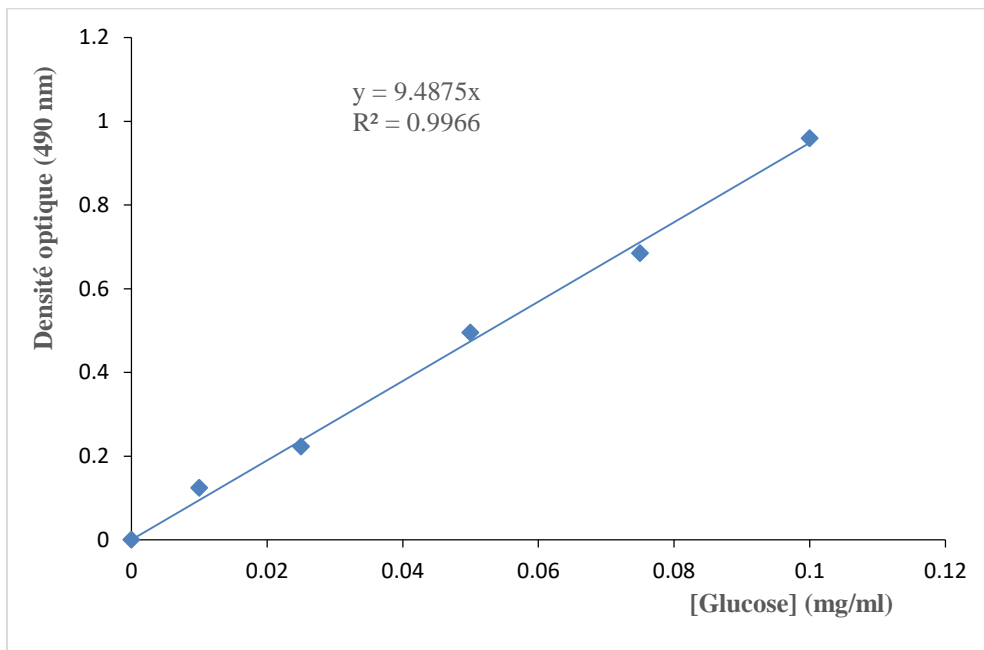
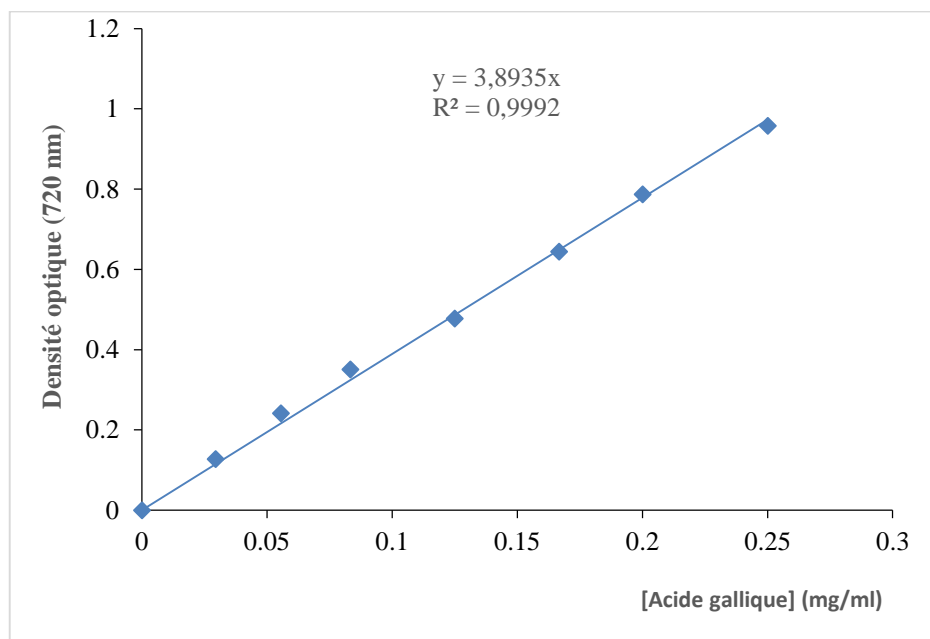
Quelle note sur dix :

Merci

Signature

Remarques :

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

Annexe 2**Courbes d'étalonnage****Figure 1** : Courbe d'étalonnage de glucose.**Figure 2** : Courbe d'étalonnage d'acide gallique.

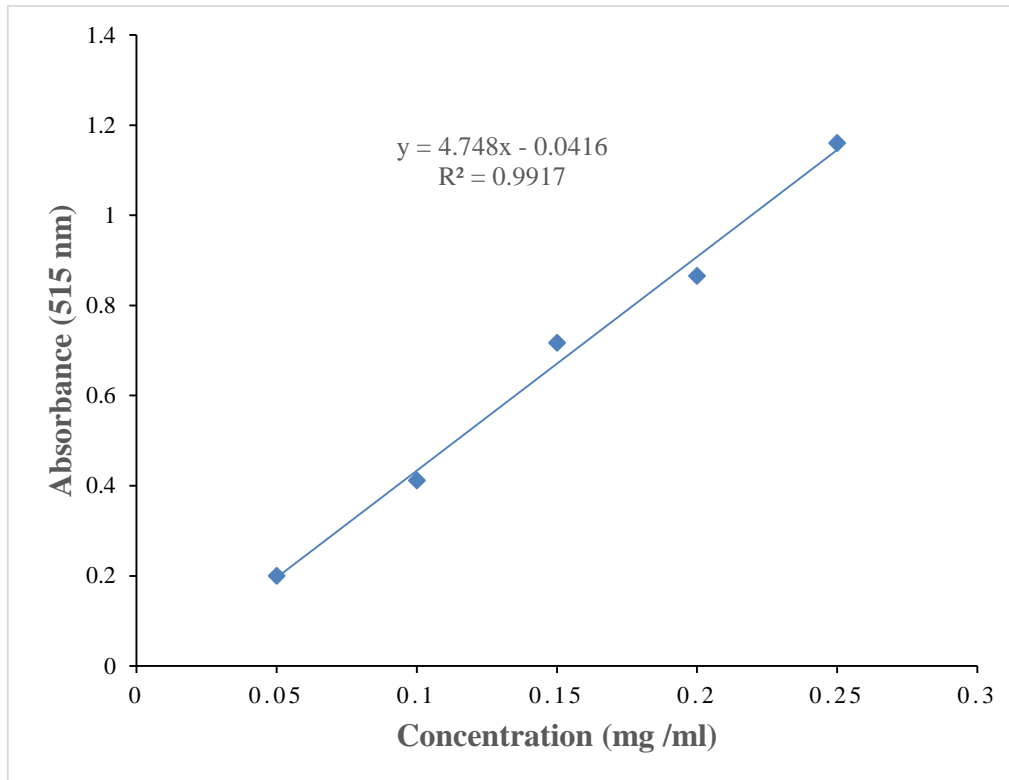


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de la vitamine C.

Annexe 3

Tabl : Différences de somme de classement par rang absolu critiques pour les compositions de « tous traitement » à un seuil de signification de 5%.

Dégustateurs	Nombre d'échantillons									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107
42	22	31	40	49	59	69	78	88	98	109
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167

On se sert des valeurs exactes adaptées de Hollander et Wolfe (1973) jusqu'à 15 dégustateurs.

On peut se servir d'interpolation pour les valeurs de tableau non spécifiées faisant appel à plus de 50 dégustateurs.

Annexe 4

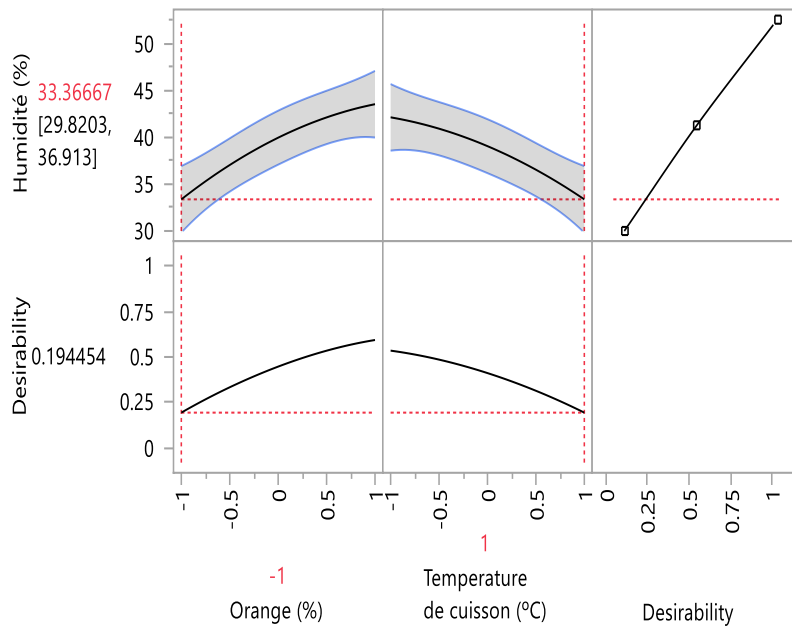


Figure 4 : Relation entre facteurs et fonction de désirabilité et l'humidité des confitures préparées.

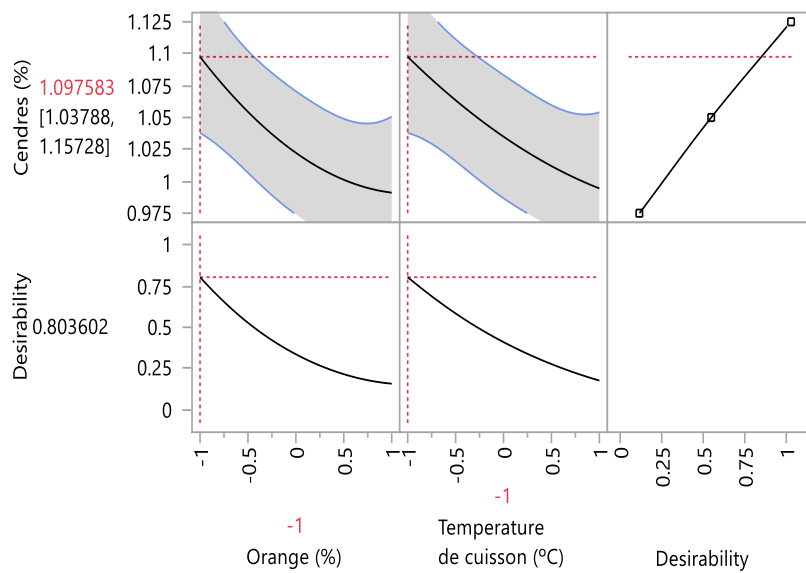


Figure 5 : Relation entre facteurs et fonction de désirabilité et les cendres des confitures préparées.

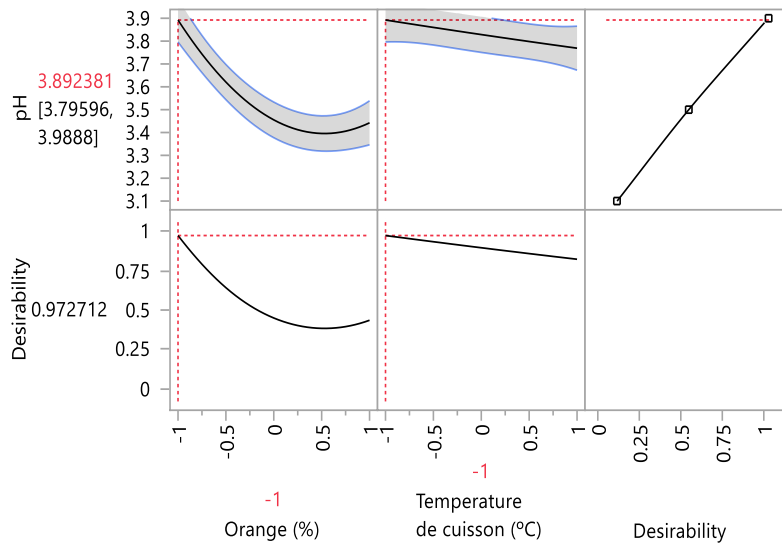


Figure 6 : Relation entre facteurs et fonction de désirabilité et le pH des confitures préparées.

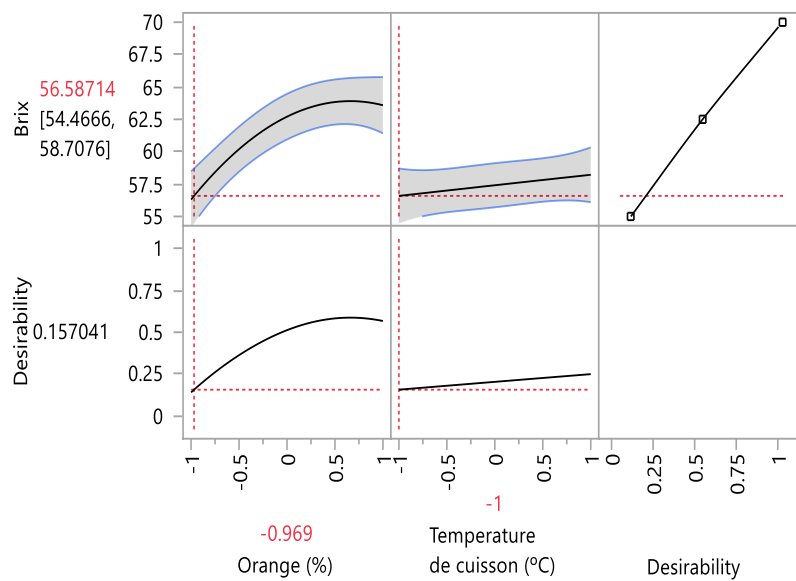


Figure 7 : Relation entre facteurs et fonction de désirabilité et le degré Brix des confitures préparées.

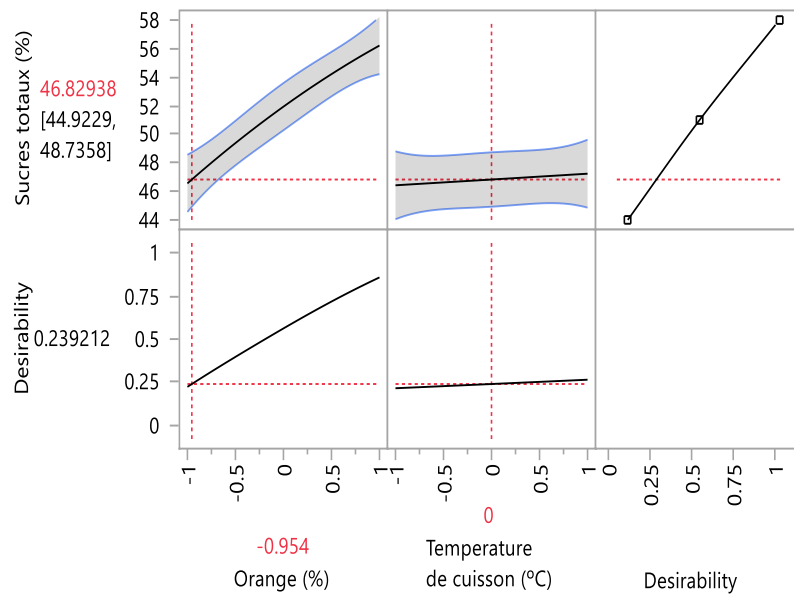


Figure 8 : Relation entre facteurs et fonction de désirabilité et les sucres totaux des confitures préparées.

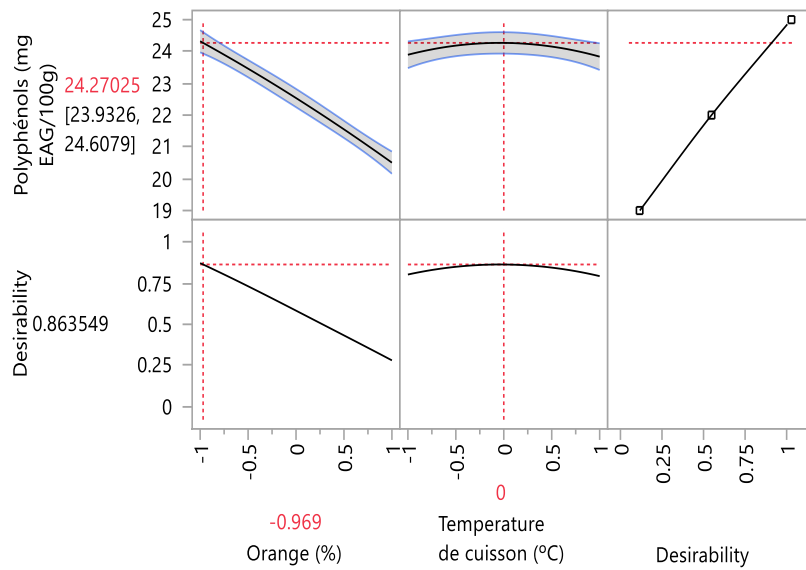


Figure 9 : Relation entre facteurs et fonction de désirabilité et les polyphénols des confitures préparées.

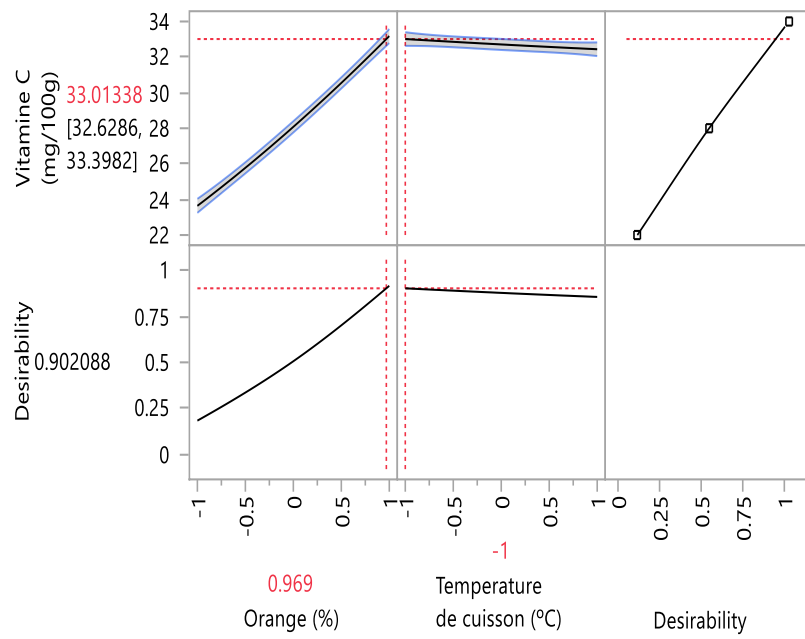


Figure 10 : Relation entre facteurs et fonction de désirabilité et la vitamine C des confitures préparées.

Annexe 5

Tableau 4 : Liste des produits chimiques et du matériel utilisés dans la partie expérimentale

Produit chimiques	Marque
Acide chlorhydrique (HCl) (37%), Hydroxyde de sodium (NaOH), Chlorure de sodium (NaCl), Réactif Folin-Ciocalteu ,Acide gallique (C ₇ H ₆ O ₅), Acétone (C ₃ H ₆ O), l'acide sulfurique (H ₂ SO ₄), acetate d'éthyle(C ₄ H ₈ O ₂), Acide gallique (C ₇ H ₆ O ₅), Acide ascorbique (C ₆ H ₈ O ₆), Beta-carotene (C ₄₀ H ₅₆).	<i>SIGMA-ALDRICH</i>
Appareillages	Marque
Balance analytique	<i>KERN, ABS</i>
Spectrophotomètre UV/Visible	<i>220-4</i>
Spectrophotomètre UV/Visible	<i>Shimadzu 1800</i>
pH-mètre	<i>Shimadzu 1601</i>
Micropipette 20-200µl	<i>WTW:inoLab®</i>
Micropipette 100-1000µl	<i>pH 7110</i>
Micropipette 10-100µl	<i>ISOLAB</i>
Etuve	<i>SOCOREX</i>
Bain marie	<i>Accumax</i>
Agitateur magnétique chauffant	<i>Memmert</i>
Dessiccateur	<i>Stuart</i>
Méthanol (CH ₄ O), Ethanol (C ₂ H ₅ OH).	<i>Ceramique,</i>
Chloroforme (CHCl ₃),	<i>IC152-1L</i>
	<i>Riedel-de Haen</i>

Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃).	<i>Pearce</i>
Hydroxyde de potassium à 5% (KOH), hydroxyde de sodium (NaOH),	<i>Biochem</i>
Empois d'amidon	<i>Prolabo</i>

Verreries

Béchers, Fioles jaugées classe A et B (5, 10, 25, 100, 250, 500, 1000 ml), Tube à essai en verre, Eprouvette graduée de classe A (5ml), Porte tube, Spatule, Verre de montre, Nacelles en verre, de capacité appropriée la prise d'essai, Cuvette UV/visible à usage unique en plastique.