



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Amar Telidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par: KHEMLLOUL Hibet-Allah Madjida

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

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRES

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITÉ

Thème

**Optimisation de paramètres technologiques de
valorisation des rebuts des dattes en sirop
(Robb)**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
LOUNICI Safia	Maître Assistant A	Présidente
MENASRA Amina	Maître de conférences B	Examinatrice
ALLALI Khadidja	Maître de conférences B	Encadrante
BENADJILA Abderrahmane	Docteur en Biotechnologie	Co-Encadrant

Promotion : 2022-2023

Remerciements

Je tiens à remercier avant tout ALLAH qui m'a donné la santé, le courage, la volonté et la passion de pouvoir réaliser ce travail.

En tout premier lieu mes remerciements s'insèrent à Dr. Benadjila Abderrahmane et à Dr. Allali Khadidja, pour l'honneur qu'ils me l'ont fait en m'encadrant, pour l'aide qu'ils m'ont donné, pour ses remarques et ses conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier Pr. Goudjal pour ses remarques pertinentes.

Je tiens à remercier les membres de jury Mme Lounici Safia et Mme Menasra Amina pour l'honneur qu'elles me font en acceptant d'évaluer ce travail.

En fin je remercie tous qui sont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ma grand-mère Djkhaiwa Dhiba et mon très cher père Mohamed et ma chère mère Adjeb Maghnia en témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont fait pour mon éducation

Que dieu leur prête santé

A ma très chère sœur Manel et mes belle-sœurs Fatima et Nabila mes frères Hamid, Allal, Belkaïd et Walid Nouredinne, Mariam, Ilyes, Chaïma pour leurs soutiens moraux et leurs conseils précieux tout le long de mes études

A toutes les personnes de ma grande famille

A tous mes enseignants depuis le cycle primaire jusqu'au cycle universitaire.

A toutes mes chères amies Rania Djamed, Amina Bouchrite, Hadil Nouioua, Bakhta Matta et Amina Amourat..

Thème: Optimisation de paramètres technologiques de valorisation des rebuts des dattes en sirop (Robb).

Étudiant: KHEMLOUL Hibet-Allah Madjida

Résumé

La présente étude vise à optimiser l'Décoction de sirop de deux cultivars des dattes *deglet* et *Ghars* par le plan expérimental de Plackett-Burman, suivi par Méthodologies de réponses en surface (RSM). Le design expérimental de Plackett-Burman est utilisé en premier lieu avec 6 éléments variables: Température, Temps, Rapport de masse, Type de Filtration, Nature des dattes et Agitation, cela a conduit à la production de 13 types de sirop des dattes différents, qui ont été évalués par des analyses physico-chimiques (degré Brix). Parmi les six facteurs évalués, deux entre eux (temps de cuisson, rapport de masse) ont été observés comme étant les plus significatifs ($p < 0,05$). L'interaction entre ces deux facteurs a été étudiée par RSM avec 22 essais. Les résultats obtenus ont montré que les effets les plus significatifs sur la nouvelle production du sirop des dattes sont le temps, rapport de masse et faiblement l'agitation. Le coefficient de détermination était de 0,8833, ceci indique que 88,30% de la variabilité de la réponse peut être expliquée par le modèle. Le traitement statistique de l'analyse sensorielle a présenté des similarités et des représentations très proche des individus en réponses aux trois types de sirop de dattes (standard ; criblé et optimisé).

Mots clés : Dattes, Valorisation, Sirop des dattes, Optimisation, RSM.

Theme: Optimisation of technological parameters for processing date waste into syrup (Robb).

Student: KHEMLOUL Hibet-Allah Madjida

Abstract

The present study aimed to optimize the syrup Décoction of two cultivars of *deglet* and *Ghars* dates by the Plackett-Burman experimental design, followed by Response Surface Methodology (RSM). The Plackett-Burman experimental design was first used with 6 variable elements: Temperature, Time, Mass ratio, Filtration type, Nature of dates and Agitation. This led to the production of 13 different types of date syrup, which were evaluated by physico-chemical analysis (Brix degree). Of the six factors evaluated, two (cooking time, mass ratio) were found to be the most significant ($p < 0.05$). The interaction between these two factors was studied by RSM with 22 trials. The results obtained showed that the most significant effects on the new production of date syrup were time, mass ratio and agitation. The coefficient of determination was 0.8833, indicating that 88.30% of the variability of the response can be explained by the model. The statistical processing of the sensory analysis showed similarities and very close representations of individuals in response to the three types of date syrup (standard; screened and optimised).

Keywords: Dates, Valorisation, Date syrup, Optimization, RSM.

الموضوع: تحسين المعايير التكنولوجية لمعالجة نفايات التمر وتحويلها إلى شراب.

الطالبة: خمولة هبة الله ماجدة.

ملخص

تهدف الدراسة الحالية إلى تحسين استخلاص الشراب من صنفين من تمر دقلة وغرس بواسطة التصميم التجريبي ل-Plackett-Burman ، متبوعاً بمنهجيات الاستجابة السطحية (RSM). تم استخدام التصميم التجريبي ل-Plackett-Burman في المقام الأول مع 6 عناصر متغيرة: درجة الحرارة ، والوقت ، ونسبة الكتلة ، ونوع الترشيح ، وطبيعة التمور وسرعة التحريك ، مما أدى إلى إنتاج 13 نوعاً مختلفاً من شراب التمر ، حيث تم تقييمه عن طريق التحليلات الفيزيائية والكيميائية (درجة بريكس). من بين العوامل الستة التي تم تقييمها ، لوحظ أن اثنين منهم (وقت الطهي ، نسبة الكتلة) هما الأكثر دلالة ($p < 0.05$). تمت دراسة التفاعل بين هذين العاملين بواسطة RSM مع 22 تجربة. أظهرت النتائج أن أهم التأثيرات على الإنتاج الجديد لعصير التمر هي الوقت ونسبة الكتلة وسرعة التحريك. كان معامل التحديد 0.8833 ، وهذا يشير إلى أن 88.30٪ من تباين الاستجابة يمكن تفسيره من خلال النموذج. قدمت المعالجة الإحصائية للتحليل الحسي أوجه تشابه وتمثيلات قريبة جداً من الأفراد استجابةً للأنواع الثلاثة من شراب التمر (المعياري المقنتي و المحسن).

الكلمات المفتاحية: التمور ، التثمين ، شراب التمر ، التحسين ، RSM.

Liste des figures

Figure 01	Les principaux pays producteurs des dattes en monde (FAOSTAT, 2022).....	06
Figure 02	Schéma de la transformation technologique de la datte (Noui, 2017).....	10
Figure 03	Photographie originale montrant variété de datte (Ghars).....	18
Figure 04	Photographie originale montrant variété de datte (Daglet).....	18
Figure 05	Photographie originale montrant datte dénoyautée.....	18
Figure 06	Photographie originale montrant Décoction du sirop de datte.....	18
Figure 07	Photographie originale montrant filtration du sirop de datte.....	18
Figure 08	Photographie originale montrant concentration par chauffage.....	18
Figure 09	Photographie originale montrant l'échantillon dégusté.....	26
Figure 10	Photographie originale montrant la fiche de dégustation.....	26
Figure 11	Photographie originale montrant la flore <i>Coliforme fécale et totale</i> standard.....	28
Figure 12	Photographie originale montrant la flore <i>Staphylococcies aureus</i> standard.....	28
Figure 13	Photographie originale montrant la flore <i>Salmonella</i> standard.....	28
Figure 14	Photographie originale montrant levure standard.....	28
Figure 15	Photographie originale montrant moisissure standard.....	28
Figure 16	Photographie originale montrant la flore <i>Coliforme fécale et totale</i>	28
Figure 17	Valeur observées en fonction de valeurs prévues.....	29
Figure 18	Relation entre facteurs et fonction désirabilité et le degré Brix.....	30
Figure 19	Photographie originale montrant la flore <i>Aérobies mésophile totale</i> criblé.....	32
Figure 20	Photographie originale montrant la flore <i>Coliforme fécale et totale</i> criblé.....	32
Figure 21	Photographie originale montrant la flore <i>Staphylococcies aureus</i> criblé.....	32
Figure 22	Photographie originale montrant la flore <i>Salmonella</i> criblé.....	32

Figure 23	Photographie originale montrant Levure criblé.....	32
Figure 24	Photographie originale montrant Moisissure criblé.....	32
Figure 25	Valeur observé en fonction des valeurs prévues.....	33
Figure 26	Relation entre facteur et fonction désirabilité et le D. Brix.....	34
Figure 27	Photographie originale montrant la flore <i>Aérobic mésophile totale</i> optimisé.....	37
Figure 28	Photographie originale montrant la flore <i>Coliforme fécale et totale</i> optimisé.....	37
Figure 29	Photographie originale montrant la flore <i>Staphylococcies aureus</i> optimisé.....	37
Figure 30	Photographie originale montrant la flore <i>Salmonella</i> optimisé.....	37
Figure 31	Photographie originale montrant Levure optimisé.....	37
Figure 32	Photographie originale montrant Moisissure optimisé.....	37
Figure 33	Courbe isoprènes.....	38
Figure 34	Surface de réponse.....	38
Figure 35	Courbe isoprènes.....	39
Figure 36	Surface de réponse.....	39
Figure 37	Corrélation des variables sur d'analyses sensorielles standard.....	40
Figure 38	Corrélation entre les variables et les facteurs standards.....	40
Figure 39	Graph symétrique des analyses sensorielles standard.....	41
Figure 40	Corrélation des variables sur d'analyses sensorielles criblées.....	42
Figure 41	Corrélation entre les variables et les facteurs criblés.....	42
Figure 42	Graph symétrique des analyses sensorielles criblées.....	43
Figure 43	Corrélation des variables sur d'analyses sensorielles optimisées.....	43
Figure 44	Corrélation entre les variables et les facteurs optimisés.....	44
Figure 45	Graph symétrique des analyses sensorielles optimisé.....	44

Liste des tableaux

Tableau 01	Composition biochimique du sirop de datte (Abdelfattah, 1990); Ibrahim et Khallil, 1997).....09
Tableau 02	Niveaux bas et haut des facteurs du plan de criblage Plackett-Burman.....17
Tableau 03	Matrice de plan de premier ordre (Plackett -Burman).....18
Tableau 04	Matrice augmentée du plan de 2 ^{ème} ordre surface de réponse.....19
Tableau 05	Résultat physico-chimique de sirop de datte standard.....27
Tableau 06	Résultat microbiologique de sirop de datte standard.....27
Tableau 07	Estimations des coefficients du modèle.....29
Tableau 08	Résultat physico-chimique de sirop de datte criblé.....30
Tableau 09	Résultat microbiologique criblé.....34
Tableau 10	Estimation des coefficients.....34
Tableau 11	Résultats physico-chimique RSM.....35
Tableau 12	Résultats microbiologique de RSM.....35

Liste des abréviations

Bx	Degré de Brix
cP	Centpoise
AFO	Food and Agriculture Organisation
AFNOR	L'Association française de normalisation
DSA	Direction des Services Agricoles
Gh	Ghars
Dt	Deglet
Coli	<i>Coliforme</i>
UFC	Unité formant Colonie
g	Gramme
pH	potentielle hydrique
µs	micro semence
h	Heure
C	Celsius
MS	Matière sèche
RSM	Méthodologie de réponse en surfaces
Aw	Activité Water

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction	01
---------------------------	----

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur les dattes.....	03
------------------------------------	----

1.1. Composition des dattes	03
-----------------------------------	----

1.2. Principaux cultivars des dattes.....	04
---	----

1.2.1. Dattes molles.....	04
---------------------------	----

1.2.2. Dattes demi-molles.....	04
--------------------------------	----

1.2.3. Dattes sèches.....	04
---------------------------	----

1.3. Valorisation des dattes.....	04
-----------------------------------	----

1. Pâte de datte.....	04
-----------------------	----

2. Farine de datte.....	04
-------------------------	----

3. Sirop de datte.....	04
------------------------	----

4. Alcool des dattes.....	04
---------------------------	----

5. Vinaigres de datte.....	05
----------------------------	----

6. Levures.....	05
-----------------	----

1.4. Statistique des dattes.....	05
----------------------------------	----

1.4.1. Dans monde.....	06
------------------------	----

1. Égypte.....	05
----------------	----

2. Iran.....	05
--------------	----

3. Arabie Saoudite.....	06
-------------------------	----

4. Irak.....	06
--------------	----

5. Pakistan.....	06
------------------	----

6. 1.4.2. En Algérie.....	06
---------------------------	----

2. Procédés de transformation des dattes en sirop.....	07
2.1. Statistique de sirop de datte.....	08
2.1.1. Dans le monde.....	08
2.1.2. En Algérie.....	08
2.2. Composition biochimique du sirop de dattes.....	08
2.3. Technologies de la transformation des dattes en sirop (rob) de la transformation	09
3. Modélisation statistique en industrie agroalimentaire.....	11
3.1. Plan Plackett-Burman.....	11
3.2. Plan de surface de réponse.....	12
Matériel et Méthodes	
1. Décoction de sirop des dattes standard.....	13
1.2. Préparation de l'échantillon.....	13
1.3. Epuration et concentration du jus d'Décoction	15
2. Optimisation de la fabrication du sirop de datte par planification expérimentale.....	16
2.1. Choix de la réponse.....	16
2.2. Choix des facteurs et intervalles de variation	16
2.3. Le plan de criblage (Plackett-Burman).....	16
3. Criblage et optimisation de la production d'extrait de dattes Robb par RSM.....	18
3.1. Optimisation par le plan de surface RSM.....	18
4. Effet de l'optimisation par RSM sur la qualité.....	19
4.1. Analyses physico-chimiques	19

4.1.1. Détermination du degré Brix	19
4.1.2. Détermination de la teneur en eau.....	20
4.1.3. Détermination du Ph.....	21
4.1.4. Détermination la conductivité.....	21
4.1.5. Détermination de la viscosité.....	21
4.2. Analyses microbiologiques.....	21
4.2.1. Recherche de dénombrement des <i>Flores Aérobies Mésophiles Totaux</i>	21
4.2.1. Recherche et dénombrement du <i>coliforme total fécaux</i>	22
4.2.2. Recherche et dénombrement de <i>Salmonella</i>	22
4.2.3. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	23
4.2.4. Recherche des levures et des moisissures.....	24
4.3. Analyse sensorielle.....	25
4.4.4.4. Analyse statistique.....	25
4.5.4.4. 1. Analyse en composant principale (ACP).....	25

Résultats et discussions

1. Résultats

1.1. Fabrication de sirop des dattes sous les conditions standards.....	27
1.1.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	27
1.1.2. Résultats des analyses microbiologiques	27
1.2. Résultats du plan du premier ordre Plackett-Burman	29
1.3. Résultats du plan du second ordre RSM.....	33
1.4. Résultats des tests sensoriels.....	40

1.4.1. Analyse sensorielle du sirop de dattes standard.....	40
1.4.2. Analyse sensorielle du sirop de dattes criblé.....	41
1.4.3. Analyse sensorielle du sirop de dattes optimisé.....	43
2. Discussions.....	46
Conclusion.....	49
Références bibliographiques.....	50
Annexes.....	54

INTRODUCTION

Introduction

Les dattes, de par leurs intérêts technologiques et thérapeutiques sont considérées comme des fruits à haute valeurs nutritive. Ainsi, la datte est considérée comme source d'énergie où la teneur en sucres peut atteindre 88% de la matière fraîche chez certaine cultivars (Chaira, 2015).

Par ailleurs, le secteur phoenicicole, malgré les richesses qu'il procure dans les zones désertiques, accuse un retard technologique. En effet, dans le domaine de la technologie de la datte et de sa valorisation, les systèmes pratiqués sont restés archaïques.

La datte peut être utilisée comme matière première dans l'élaboration de nombreux produits dont le sucre liquide, les pates de dattes, sirop de dattes, les boissons gazeuses, la confiserie, l'alcool, le vinaigre, etc. (Sayah et Ould El-hadj, 2010).

La transformation traditionnelle des dattes est très pratiquée par la population des régions oasiennes, l'expansion de cette activité artisanale contribuerait à la stimulation des nouveaux marchés, et par voie de conséquences l'extension du secteur du palmier dattier.

De plus de récupérer un sous-produit des écarts de triage de dattes qui ne sont pas consommées tels quels, soit du fait de leurs faibles qualités gustatives, soit du fait de leur texture rébarbative (trop dure), soit tout simplement parce qu'elles sont négligées au profit d'autres aliments plus attractifs (Chiniti *et al.*, 2014).

Les dattes sont considérées comme des fruits riches en sucres. Ceux-ci existent sous deux formes : saccharose et sucres réducteurs (Al-Khouli *et al.*, 1998). Par conséquent, cette caractéristique est presque spécifique aux dattes et intéressante pour la transformation en sirop concentré. Le sirop de dattes pouvant être consommés directement on être utilisé dans différents préparation, utilisé dans différents préparation, utilisée comme substitut du saccharose dans la pâtisserie, la biscuiterie et comme édulcorée avec un mélange de sirop de dattes (Boujnah et Harrak, 2012). Malheureusement, la plupart de ces produits et sous-produits sont restés à l'état primitif en Algérie, la valorisation des dattes et des autres produits du dattier reste toujours possible si le développement technique en matière de technologie alimentaire est assuré (Chaira, 2015).

L'objectif visé par cette étude est de déterminer l'effet de l'optimisation de la valorisation des dattes par Décoction du sirop à partir de deux cultivars de palmier dattier à savoir, Rebut de *Deglet* et *Ghars*, par l'utilisation du plan expérimental Plackett-Burman suivi par un modèle mathématique Méthodologies de Réponses en Surface (RSM), sur la qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur les dattes

Le palmier dattier aussi appeler "date palm" en anglais, "Nakhil", ou "tmar" en arabe, mais dans tous les pays, il porte le même nom latin qui a été dénommé par (Linné en 1734), *Phoenix doctylifera* L. phniex dérivée de *phoenix*, et le mot datte est dérivé de terme grec Daktulos doigt (Benoit., 2005).

Le palmier dattier est un arbre rustique s'adaptant aux régions les plus arides du monde. C'est une monocotylédone arborescente, de la famille de palmacées ou phoenicacées, sous famille des coryphinées, du genre phoenix et de l'espèce *Phaenix doctylifera* L. (Djerbi, 1994). En Algérie, les véritables palmeraies commencent sur le versant sud de l'atlas saharien, par les palmeraies de Deglet Nour de Biskra (Tolga) à l'Est, par celles du M'Zab au centre et de Béni-Ouinif à l'Ouest (Belgudj, 2002). A l'extrême sud du Sahara, l'oasis de Djanet constitue la limite méridionale de la palmeraie Algérienne. C'est dans le Nord-est du Sahara que l'on trouve les 3/4 du patrimoine Phoenicicole (région des Ziban, Oued-Righ et la cuvette de Ourgla). Ces régions sont caractérisées par production des cultivars Deglet-Nour et autres cultivars commerciales telles que Ghars, Mech Deglet, Deglet Beida (Belgudj, 2002).

Le fruit de datte est constitué de deux parties, une partie dure non comestible, la graine ou noyau et un parti comestible, la pulpe. La datte est une baie, qui selon les cultivars a une forme ellipsoïde ou ronde (Dowson et Aten, 1963).

1.1. Composition des dattes

La datte est constituée de deux parties distinctes : une comestible « la pulpe ou la chair » et un autre non comestible « noyau » qui révèlent des compositions très intéressantes. Elle constitue un excellent aliment, de grande valeur nutritive et énergétique (Toutain, 1979 ; Gilles, 2000). Elle contient une faible teneur en lipides et en protéines, mais elle est riche en sucres (environ 75% de sa composition), ce qui lui confère une grande valeur calorique (100g de pulpe de dattes donne 314 kJ) (Al-Farsi et Lee., 2008). Cette valeur est proche de celle du miel d'abeilles, estimée à 304,5 kJ pour 100 g et est supérieure à celle fournie par le riz, le lait de vache et le jus de fruits (Chahata, 2000).

Les protéines de la datte sont équilibrées qualitativement, mais en faible quantité. Les dattes sont riches en minéraux plastiques: K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn... (Matallah, 1970); elles sont reminéralisantes et renforcent notablement le système immunitaire (Albert, 1998). Le profil vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables en vitamines du

groupe B qui participe au métabolisme des glucides, des lipides et des protéines (Tortora et al, 1987).

1.2. Principaux cultivars des dattes

La classification des cultivars des dattes est faite selon la consistance des dattes, les dattes sont réparties en trois catégories qui sont (Espiard, 2002) :

1.2.1. Dattes molles : Ahmar(Mauritanie), Kashram et Miskani (Egypte, Arabie-saoudite).

1.2.2. Dattes demi-molles : Daglet-Nour (Tunisie, Algérie),Mehjoul (Mauritanie), Sifri et Zahidi (Arabie-Saoudite).

1.2.3. Dattes sèches : Degla-Beida et Mech-Degla (Tunisie et Algérie).Amersi (Mauritanie).

1.3. Valorisation des dattes

1. Pâte de datte

Les dattes molles ou ramollies par humidification donnent lieu à la production de pâte de datte. La fabrication est faite mécaniquement. Lorsque le produit est trop humide, il est possible d'ajouter la pulpe de noix de coco ou la farine d'amande douce. La pâte de datte est utilisée en biscuiterie et en pâtisserie (Espiard, 2002).

2. Farine de datte

Elle est préparée à partir de dattes sèches ou susceptibles de le devenir après dessiccation. Riche en sucre, cette farine est utilisée en biscuiterie, pâtisserie, aliments pour enfants et fabrication de yaourt (Ait- Ameer, 2001 ; Benamara et *al.*, 2004).

3. Sirop de datte

Ces produits sont fabriqués à base de dattes saines car il est important d'éviter tout arrière goût de fermentation (Chibane , 2008). Le sirop de datte, également appelé « miel de datte » « Rob AT-Tamr » (appellation impropre) au Dibs dans le monde arabe, est un produit sucré, foncé de couleur marron extrait à partir des dattes et typique de la cuisine Arabe (Mimouni et Siboukeur, 2011).

4. Alcool des dattes

Le déchet de datte permet d'obtenir une bonne productivité d'alcool brut. Les quantités de ce dernier obtenues après 72h de fermentation et 1h20mn de distillation (Boulal et *al.*, 2010). L'Alcool de datte est utilisé à des fins médicales (Reyenes, 1997).

5. Vinaigres de datte

Les travaux menés par (Benamara et *al.*, 2008) et (Boukhiar, 2009) ont prouvé la possibilité de produire du vinaigre en utilisant du moût de dattes (cultivars sèche Mech Degla et Degla Beida). Le principe est basé sur une double fermentation simultanée alcoolique et acétique par *Saccaromyces uvarum* ou *Saccaromyces cerevisiae*. Le vinaigre obtenu titre entre 4 et 5 (acide), Sa couleur varie en fonction de la cultivars de dattes utilisé (Bouaziz , 2010).

6. Levures

Le sirop de dattes par sa richesse en sucre constitue un milieu favorable pour le développement et la croissance des levures. Les levures produites à partir du sirop de datte sont de nature alimentaire (Espiard, 2002).

1.4. Statistique des dattes

1.4.1. Dans monde

Selon un rapport récent de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production mondiale de dattes a atteint plus 9 million de Tonnes en 2022, ce qui représente une augmentation de 2,5% par rapport à l'année précédente.

Chaque seconde on récolte 117 kilos de dattes dans le monde, dont 70% dans les pays arabes. Cela représente une production de 5 millions de tonnes de dattes par an (FAOSTAT; 2022).

Les dattes sont une culture importante dans de nombreux pays, avec une forte demande à la fois sur les marchés nationaux et internationaux. Voici les cinq principaux producteurs de dattes dans le monde (AFO; 2022).

- 1. Égypte** : L'Égypte est le plus grand producteur de dattes au monde, avec une production de 1,5 million de tonnes en 2022. Les dattes égyptiennes sont connues pour leur goût sucré et leur texture tendre, et sont exportées vers de nombreux pays.
- 2. Iran** : L'Iran est le deuxième plus grand producteur de dattes au monde, avec une production de 1,2 million de tonnes en 2022. Les dattes iraniennes sont réputées pour leur qualité supérieure et sont exportées vers de nombreux pays du monde entier.
- 3. Arabie Saoudite** : L'Arabie Saoudite est le troisième plus grand producteur de dattes au monde, avec une production de plus de 1 million de tonnes en 2022. Les dattes

saoudiennes sont connues pour leur goût sucré et leur texture moelleuse, et sont exportées vers de nombreux pays, notamment les pays du Moyen-Orient.

4. **Irak** : L'Irak est le quatrième plus grand producteur de dattes au monde, avec une production de plus de 600 000 tonnes en 2022. Les dattes irakiennes sont réputées pour leur qualité supérieure et sont exportées vers de nombreux pays.
5. **Pakistan** : Le Pakistan est le cinquième plus grand producteur de dattes au monde, avec une production de plus de 500 000 tonnes en 2022. Les dattes pakistanaïses sont réputées pour leur goût sucré et leur texture tendre, et sont exportées vers de nombreux pays, notamment les pays d'Asie du Sud.



Figure 01 : Les principaux pays producteurs des dattes en monde (FAOSTAT, 2022)

1.4.2. En Algérie

Selon le classement du FAOSTAT (2022), l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, l'Algérie est arrivée à la quatrième place des gros pays producteurs de dattes dans le monde.

L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) a dressé un nouveau rapport sur les plus grands pays producteurs de dattes.

L'Algérie s'est classée au quatrième rang mondial dans le domaine de production de fruits en question. Après l'Arabie saoudite et l'Égypte et l'Iran, l'Algérie est arrivée à la quatrième position avec une production de 1 188 803 tonnes de production.

L'Algérie est le plus grand producteur de dattes du grand Maghreb. L'aspect qualitatif des dattes n'est pas pris en considération dans ce classement mondial. Grâce à la variante

de Deglet Nour, la qualité des dattes Algérie a dépassé les frontières et elle est parmi les fruits le plus prisés à l'étranger (AFO., 2022).

Il est à signaler qu'en mois de janvier 2023, la wilaya de Batna a réalisé une production de dattes estimé à 19,183 quintaux, selon la direction des services agricoles DSA (2023).

Cette récolte se compose de 8,520 quintaux de Deglet Nour, 6,555 quintaux de Deglet Beida et 4,108 quintaux de dattes molles (Ghars).

2. Procédés de transformation des dattes en sirop

Le sirop de dattes, une denrée alimentaire de certaines cultivars de dattes locales connue localement comme « Rob AT-Tamr» (appellation impropre), ou «Dibs» dans le monde arabe (Mimouni, 2015).

Le sirop de dattes est un produit sucré, brun épais - foncé de couleur marron extrait à partir des dattes et typique de la cuisine Arabe. Son goût est plus doux que celui du sirop de saccharose et il a une bonne saveur unique (Alanazi, 2010).

Cette méthode est basée sur la macération de dattes dans l'eau à (60°C) durant 24h. un jus est récupéré ensuite condensé pour obtenir un produit concentré ayant un degré de Brix compris entre 72 à 75 Bx, température 60°C. Cette température est choisie pour éviter la déstabilisation sucre⁵ (Mimouni et Siboukeur, 2011).

2.1. Statistique de sirop de datte

2.1.1. Dans le monde

Le sucre de canne et le sucre de betterave, font objet d'une grosse production industrielle, alors que le sirop de dattes commence à peine à être fabriqué industriellement bien qu'il soit depuis très longtemps confectionné par les familles phoenicultrices. Les Irakiens se sont intéressés à la technologie de la datte pour réduire leur dépendance envers l'étranger (Wagued, 1973).

2.1.2. En Algérie

Bien que le nombre de palmiers dattiers évolue d'une année à une autre dans presque toutes les wilayas phoenicoles, l'Algérie, a cependant pris beaucoup de retard dans le domaine de la transformation des dattes, malgré que toutes les conditions s'appêtent à leur valorisation en particulier celle des dattes communes (Mimouni, 2009).

2.2. Composition biochimique du sirop de dattes

Les dattes contiennent essentiellement un mélange de sucre qui diffèrent par un certain nombre de propriétés mais du point de vue alimentaire, ils ont globalement la même valeur énergétique (Dowson et Aten, 1963). Selon (Abdelfattah, 1990 ; Ibrahim et Khallil, 1997). Le sirop des dattes possède 25% de teneur en eau et une tenure élevée en sucre totaux qui représente 96%(dont la majorité est sous forme de sucre réducteur), les éléments minéraux et les protéines sont présentes en faibles quantités.

Selon El-Ogaidi (2000), le pH des sirops est compris entre 6 et 6,5. En outre, les sirops de dattes à un degré Brix compris entre 73 à 75% ce qui permet sa conservation au-delà de deux ans, sans risque d'altération (Tableau 1) (Abdelfattah, 1990).

Tableau 01: composition biochimique du sirop de datte (Abdelfattah, 1990 ; Ibrahim et Khallil, 1997)

Teneur des constituants	ABDELFATTAH ,1990	IBRAHIM et KALIL, 1997
Teneur en eau (%)	25,00	24,80
Sucre réducteur (glc,frc)(%)	90,40	81,50
Sucre non réducteurs (saccharose) (%)	5,60	4,90
Sucres totaux (%)	96,00	86,40
Protéines (%)	0,50	2,10
Elément minéraux (%)	01,83	6,60
Lipides(%)		
Acidité (%)	0,17	0,20
Degré Brix (°Bx)	73à75	76,00
Vitamine A, les vitamines du groupe B	+	+

2.3. Technologies de la transformation des dattes en sirop (rob) de la transformation

La technologie de la datte recouvre toute les opérations qui de la récolte à la consommation. L'Algérie ne dispose aucune technologie de la production des pates « Ghars » à partir des dattes molles (Benhamed et al., 2010). En effet, dans le domaine de la technologie de la datte et sa valorisation, les systèmes pratiques sont restés archaïques (Kaidi et Touzi, 2001).

L'industrie de conditionnement joue un rôle primordial dans la préservation, l'amélioration de la qualité et l'augmentation de la valeur marchande des fruits ; surtout celle qui sont destinées.

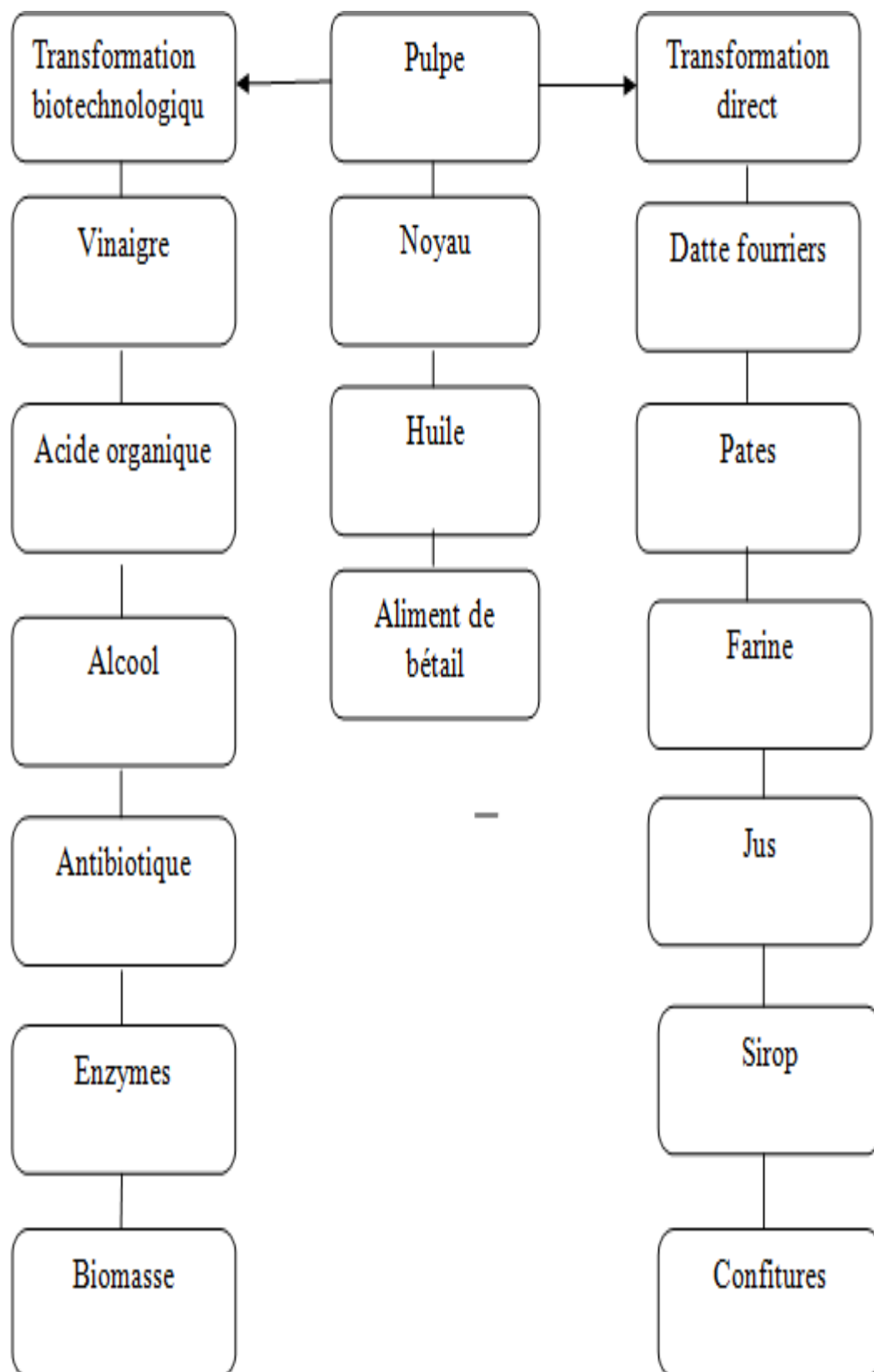


Figure 02 : Schéma de la transformation technologique des dattes (Noui, 2017)

3. Modélisation statistique en industrie agroalimentaire

La modélisation statistique joue un rôle majeur dans l'industrie agroalimentaire; pharmaceutique et environnementale (Jayachandra et al., 2021). L'une des modalités les plus utilisées par les chercheurs est la planification expérimentale. Les plans d'expériences sont classés en plans de criblage suivi d'un plan d'optimisation. Les plans de criblage sont utiles pour identifier les variables à haute importance, tandis que les plans d'optimisation sont utiles pour identifier les valeurs optimales de ces facteurs. Les plans factoriels fractionnaires, Taguchi et Plackett–Burman sont quelques-unes des plans de criblage les plus couramment utilisés, tandis que les plans composites centrales, Box–Behnken, de surface de réponse optimale et de mélange sont utilisés à des fins d'optimisation.

3.1. Plan Plackett-Burman

Le plan de Plackett-Burman est utilisé pour les études de criblage des facteurs, où les effets principaux sont fortement confondus avec les interactions à deux facteurs (Beg, 2021). Un minimum de 2 à un maximum de 47 facteurs peut être utilisé dans ce plan, où le nombre d'essais obtenus dépend de la formule du nombre de facteurs $(n)+1$ (Goupy, 2006). Dans les plans de Plackett-Burman, les effets principaux sont orthogonaux et les interactions à deux facteurs ne sont que partiellement confondues avec les effets principaux. En raison du degré élevé d'aliasing, les plans de Plackett–Burman ne sont utiles qu'à des fins de criblage des facteurs lorsque le nombre de facteurs est très élevé lors de l'analyse expérimentale (Beg et Hasnain, 2019).

3.2. Plan de surface de réponse

Les plans de surface de réponse sont classés comme le type de plans expérimentaux qui sont principalement utilisés à des fins de criblage et optimisation factoriel à la fois (Brul et al., 2007). De telles conceptions sont très efficaces pour l'optimisation des facteurs en considérant les effets principaux et les effets d'interaction par un nombre minimal d'expérimentations, fournissant ainsi une clarté sur la relation de cause-effet entre les facteurs et les réponses (Grumezescu et al, 2017). Afin d'obtenir les meilleurs résultats, il est très important de sélectionner les bons facteurs pour l'objectif. Les plans expérimentaux de criblage sont très utiles pour une sélection rationnelle des facteurs. En outre, la sélection de la bonne conception expérimentale est très importante, car elle devrait produire un nombre suffisant d'expériences d'essai pour rendre l'analyse des données possible pour identifier la solution optimale (Myers

et al., 2016). Une série de modèles mathématiques sont disponibles pour l'ajustement du modèle, qui peut être validés à l'aide de diagrammes de diagnostic. L'objectif ultime de l'approche RSM est d'identifier un modèle optimal avec une importante capacité prédictive pour fournir des solutions avec une variabilité négligeable. A la fin de l'expérimentation RSM, la validation du modèle est effectuée en comparant les valeurs prédites et observées des résultats (Singh et al., 2013).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel et Méthodes

Notre travail a été réalisé au niveau du laboratoire pédagogique du département des sciences agronomiques, université TELIDJI AMAR –Laghouat. L'objectif de notre étude est de déterminer l'effet de l'optimisation des paramètres technologiques de la transformation des dattes en rob par l'utilisation de la planification expérimentale sur la qualité microbiologique, physico-chimique, et organoleptique.

1. Fabrication de sirop des dattes standard

L'Décoction de sirop de datte passe par plusieurs étapes, selon la méthode de (Acouréne et al., 2001). Les dattes sont tout d'abord triées, lavées et égouttées. Un échantillon de 100g des dattes, auquel on ajoute 1000ml de l'eau (Dab, 2015). Ensuite, le mélange est porté à la cuisson pendant 5h à 75°C (Al-farsi, 2003) dans le but de ramollissement des parois, puis au broyage. En fin, une étape de filtration qui se fait pour séparer la phase liquide (sirop) de la phase solide (pulpe) la filtration est effectuée par 3 compresses.

Après avoir obtenu le jus des dattes, nous cuissons une deuxième fois dans température 75°C pendant 5h. Cette température empêche la déstabilisation des sucres (Mimouni et Sibouker, 2011).

La cuisson s'effectuant généralement à feu direct, avec agitation manuel continue jusqu'à l'obtention d'un sirop des dattes.

Cette opération se base sur l'évaporation de l'eau libre du sirop afin d'éviter l'altération de ce dernier de la substance dissoute existante au niveau du produit solide ou liquide. Alors, la condensation est stoppée dès que le degré Brix de sirop atteigne >70°Bx (Benharzallah et Bouhoureira, 2014).

1.2. Préparation de l'échantillon

La préparation de l'échantillon avant l'décoction, nous avons effectué le plan de travail et le matériel, un lavage et égouttage pour choisir une datte bien. L'élimination par un lavage.

Un égouttage par une passoire pur afin d'éviter la quantité d'eau de nettoyage, dénoyautage les noyaux manuel, nous pesons avec une balance 100g de datte on ajoute dans une erlenmeyer et ajoute 1000ml d'eau. Les dattes sont décoction en utilisant de l'eau chaude comme solvant.

1.3. Filtration et concentration du sirop d'décoction

Le sirop filtré est trouble, il contient beaucoup d'impuretés en suspension qui exercent une influence désagréable sur la qualité du sirop. Une fois le sirop extrait, il est filtré à travers une compresse. Le filtrat obtenu subit une 3 compresse pour obtenir un sirop clair.

Le sirop ainsi obtenu est caramélisation à l'aide d'un chauffage l'évaporation de l'eau libre à température élevée pour obtenir un sirop de datte Robb.

Les figures ci-dessous montrent les différentes étapes de l'décoction de sirop des dattes.



Figure 03 : Photographie originale montrant Cultivars de dattes (Ghars)



Figure 04 : Photographie originale montrant Cultivars de datte (Deglet)

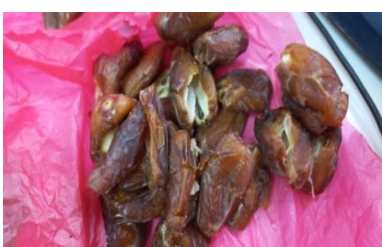


Figure 05 : Photographie originale montrant datte dénoyautée



Figure 06: Photographie originale montrant décoction du sirop de dattes par chauffage



Figure 07 : Photographie originale montrant la filtration du sirop de dattes.



Figure 08 : Photographie originale montrant le traitement thermique du sirop des dattes

2. Optimisation de la fabrication du sirop de datte par planification expérimentale

2.1. Choix de la réponse

Plusieurs facteurs externes ont été testé comme réponse pour l'évaluation de la qualité de la robe à savoir : le pH ; la conductivité ; la viscosité ; le taux des sucres réducteurs : le degré de Brix, etc.

Le choix du degré de Brix comme réponse était favorisé après les analyses physico-chimiques de la préparation traditionnelle du (Robb) et les essais pré-expérimentaux.

2.2. Choix des facteurs et intervalles de variation

Le choix des facteurs dépend essentiellement sur la relation entre ces derniers et la réponse (dans notre cas le degré de Brix). Le choix des facteurs est effectué par rapport aux travaux déjà réalisés sur la production du (Robb) par les méthodes traditionnelles de la région locale établies d'une génération à une autre. Ainsi que les essais d'optimisation pré-expérimentale Au total, six facteurs ($k = 06$, Tableau 02) ont été sélectionnés pour l'étape de criblage par plan Plackett-Burman.

2.3. Le plan de criblage (Plackett-Burman)

L'identification des constituants essentiels pour améliorer la production de sirop de datte rob été réalisée à l'aide du plan statistique Plackett et Burman (Plackett et Burman, 1946). Le choix de Plackett-Burman est pour identifier les facteurs les plus importants au début de l'expérimentation. Selon Sasirekha et al. (2012), le plan de Plackett-Burman est un plan de criblage qui vise à identifier les facteurs les plus importants ayant une incidence sur le procédé étudié.

Au total, six facteurs (facteur $k=6$, tableau) sont sélectionnés pour cette étude. Chaque variable représentant deux niveaux, maximum (+1) et minimum (-1) (Tableau 2). La formulation de la matrice et l'analyse statistique des résultats a été réalisée à l'aide d'un logiciel de conception statistique JMP SAS 11.

Tableau 02: Niveaux bas et haut des facteurs du plan de criblage Plackett-Burman

Facteurs	Niveau bas (-1)	Niveau haut (+1)
Température (°C)	250	300
Temps (heure)	3	4
Rapport de masse (%)	10	20
Type de Filtration	Compresse	P. filtre
Nature des dattes	Ghars	Deglet
Agitation	150	250

La matrice dans le Tableau (03) indique la combinaison des facteurs sélectionnés a fin d'exécuter et de respecter la randomisation et l'ordre des expériences, aux total 12 expériences et une expérience pour le point central (0).

Tableau 03: matrice de plan de premier ordre (Plackett-Burman)

	Matrice codée	Température	Temps (h)	Rapport de masse (%)	Type de filtration	Type de dattes	Agitation	D.Brix
1	+----+-	300	3	10	Comp	Deg	150	70
2	-+---+-	250	4	10	Comp	Deg	150	53
3	+-----	300	3	20	P. Filtre	Deg	150	35
4	++++---	300	4	20	Comp	Gha	150	40
5	---+---	250	3	10	P. Filtre	Gha	150	62
6	-++++--	250	4	20	P. Filtre	Gha	150	30
7	000--0	275	3,5	15	Comp	Gha	200	70
8	---++++	250	3	20	Comp	Deg	250	65
9	-+-----	250	4	10	P. Filtre	Deg	250	65
10	+++++++	300	4	20	P. Filtre	Deg	250	37
11	++-----	300	4	10	Comp	Gha	250	60
12	---+---	250	3	20	Comp	Gha	250	70
13	+-----	300	3	10	P. Filtre	Gha	250	68

L'Décoction du sirop de datte passe par plusieurs étapes, selon la méthode de (Acouréne et al, 2001), ces étapes sont modifiées sur l'ordre des expériences selon le plan expérimental de Plackett-Burman, les dattes sont tout d'abord triées, lavés et égouttés et les 13 échantillon sont traité selon l'ordre de la maîtrise de Plackett-Burman

Cette opération se base sur l'évaporation de l'eau libre a une température adéquate et sous agitation modérée du sirop afin d'éviter l'altération de ce dernier ainsi que l'altération des substances dissoutes au niveau du produit final (Robb). Alors, la préparation du produit final est stoppée dès que le temps de cuisson proposer par la matrice est atteint.

3. Criblage et optimisation de la production d'extrait de dattes Robb par RSM

3.1. Optimisation par le plan de surface RSM

Sur la base des résultats obtenus par le plan de Plackett-Burman, et comme décrit par Myers (2016), les facteurs qui ont une influence majeure sur la production de Robb sont criblés et un plan de repense en surface est établi (RSM-CCD) à l'aide du logiciel d'optimisation JMP-SAS 11 (Yang et al., 2010), basé sur la formule mathématique du modèle de plan théorique donnée dans l'équation, (Eq-3).

$$Y = B_0 + \sum B_{1i}x_i + \sum B_{2i}x_i^2 + \sum B_{ijk}x_i x_j x_k + E \quad (3)$$

Où, le Y représente la fonction de réponse (dans notre cas degré de Brix) ; B₀ est un coefficient constant ; B_i, B_{ii} et B_{ij} sont respectivement les coefficients des termes linéaires,

quadratiques et les termes d'interactions, x_i et x_j représentent les variables indépendantes codées (Tableau 04).

Tableau (04) : matrice augmentée du plan de deuxième ordre (surface de réponse)

	Temps (h)	Rapport de masse (%)	Agitation	D.Brix
1	3	10	150	70
2	4	10	150	53
3	3	20	150	35
4	4	20	150	40
5	3	10	150	62
6	4	20	150	30
7	3,5	15	200	70
8	3	20	250	65
9	4	10	250	65
10	4	20	250	37
11	4	10	250	60
12	3	20	250	70
13	3	10	250	68
14	3,5	10	200	77
15	3,5	15	250	72
16	3,5	20	200	65
17	3	15	200	80
18	3,5	15	150	65
19	3,5	15	200	70
20	4	15	200	62
21	3,5	20	200	50
22	3	10	150	70

On prépare les 22 expériences à l'aide de la matrice JMP SAS 11 à 3 facteurs.

Pour l'RSM en prépare par le même procédé de préparation et d'Décoction on respectant la matrice du selon second ordre du Tableau 04.

4. Effet de l'optimisation par RSM sur la qualité

4.1. Analyses physico-chimiques

4.1.1. Détermination du degré Brix

(AFNOR1970) : on entend par résidu soluble. (Déterminé par réfractomètre) la concentration en sucre d'une solution aqueuse ayant le même indice de la réfraction que le produit analysé, dans des conditions déterminées des préparations et de température. Cette concentration est exprimée en pourcentage en masse.

Le Brix (%) exprimé le pourcentage de la concentration des solides solubles contenue solides solubles présents le totale de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres,

alcools, les sels, les protéines acides, etc. et la mesure lue est leur somme totale, fondamentalement le Brix est calibré en fonctions du nombre de grammes de sucre de connue contenus dans une solution de 500g de standard et 150g et 50g.

Nous avons tout d'abord effectué un étalonnage du réfractomètre en utilisant l'eau distillé dont le degré Brix et prend la valeur 0. On a réglé au 0 et placer une goutte de liquide sur la surface du prisme, abattre le 2^{ème} prisme sur la 1^{ère}, ce qui permet d'obtenir une couche uniforme de liquide. En dirigeant le réfractomètre vers une source lumineuse, deux zones apparaissent un clair et l'autre sombre. La limites entre deux zones la grondeur de la réfraction. La valeur Brix est la valeur lue par le réfractomètre de type ATAGO construits en métal avec une optique entièrement en verre, ils sont très lumineux et très robustes, et un thermomètre est implanté dans le corps du réfractomètre.

4.1.2. Détermination de la teneur en eau

Les résidus sec d'une matière végétale exprime les substances qui après le séchage, l'élimination de l'eau sous forme de vapeur, ainsi que substances volatils comme les alcools, éther, l'ammoniac, les acides volatiles NF V 05-105 Janvier 1974.

Sécher des béchers vides à l'étuve durant 15min à 103 ; Tarer les béchers après refroidissement dans un dessiccateur ; Peser une bécher séché et vide ; Introduire standard 10,40g et l'autre échantillon d'optimisé 5g et 6,66g et 10,40 et 10,38. Faire peser le tout Introduire à 105°C durant 30min mettre le bécher dans le dessiccateur 15 min peser les bécher retirer les béchers de l'étuve, placer dans le dessiccateur, et après refroidissement, le peser. L'opération et répétée jusqu'à l'obtention le poids constant en réduisant la durée de séchage a 30 min.

Expression des résultats

$$teneur\ en\ eau = \frac{M2 - M1}{M2 - M0} \times 100$$

Soit :

M0 : la masse du bécher vide en (g)

M1 : Mase de bécher et le résidu sec après refroidissement en (g)

M2 : Masse de bécher et la prise d'essai en (g)

4.1.3. Détermination du pH

Le potentiel d'hydrogène (pH) est l'un des variables utilisées pour caractériser les propriétés des milieux. Relativement facile à mesurer, le pH est utilisé dans des nombreux

domaines. Comme variable opératoire ; caractérisation du produit fini au encore à des fins de contrôle de qualité. Il s'agit de mesurer une différence de potentiel entre deux électrodes. Une électrode de référence dont le potentiel est en fonction du pH de la solution. Le pH est déterminé par la lecture directe sur un pH mètre préalablement étalonner.

Immerger les électrodes complètement dans l'échantillon solution de sirop 10ml.

4.1.4. Détermination la conductivité

La conductivité électrique des dattes et celle des sirops exprimé la teneur du produit en matières minérales. Elle est exprimée en $\mu\text{s/cm}$. Elle varie en fonction de la température .Après rinçage de l'électrode à l'eau distillé, on prend la valeur de la température de la solution à analyser, puis on mesure la conductivité avec un conductimètre. Immerger les électrodes complètement dans l'échantillon solution de sirop 10ml

4.1.5. Détermination de la viscosité

La viscosité est déterminée par la lecture directe par une bille dans éprouvette et chronomètre le temps qu'il faut pour la bille dans l'éprouvette.

4.6. Analyses microbiologiques

4.2.1. Recherche de dénombrement des *Flores Aérobie Mésophile Totaux*

Le dénombrement des *flores Aérobie Mésophile Totaux* à 30°C reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de la qualité des aliments dans le contrôle de qualité.

Le dénombrement de la *Flore Totale Aérobie Mésophile* est réalisé sur gélose PCA. Par un ensemencement en profondeur au en masse, et comptage des colonies lenticulaires obtenus. À partir de la dilution décimale allant de 10⁻¹ à 10⁻⁴, porter aseptiquement 1 ml dans une boîte de Pétri vide préparée à cet usage numérotée, compléter en suit avec environ 10ml, de gélose PCA fondue puis refroidie à 47°C le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte est coulé ne doit pas excéder 15 minutes, faire ensuite des mouvements circulaire et de va-et-vient forme 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose sur une surface fraîche et horizontale. Les boîtes seront incubées couvercle en bas, à 30°C pendant, 72 h nous avons trois lecteurs.

- ✓ Le 1^{ère} lecteur 24h
- ✓ Le 2^{ème} lecteur 48h

- ✓ Le 3^{ème} lecteur 72h

Les colonies des *FAMT* se présentent sous forme lenticulaire en masse

Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs suivants

Ne dénombrement que les boîtes contenant 15 à 300 colonies, multiplié toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution, faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

4.2.2. Recherche et dénombrement du *coliforme total fécal*

L'intérêt de la recherche et dénombrement des *coliformes totaux* et *coliforme fécal* (*E.coli*), est déterminé pour le produit teste une contamination fécale. Les coliformes rassemblent les entérobactéries lactose-négative et productrices de gaz, l'habitat des coliformes est les tubes digestifs des mammifères, mais certaines espèces peuvent résister aux variations du milieu environnemental et par conséquent survivre hors du tractus intestinal (Romain al, 2006).

Prépare dans une portoir une série de tube contenant 9ml l'eau physiologie est on ajout 1ml de solution mère par chaque tube agitation le tube est prendre un série de dilution 10/10,10/100,10/1000,10/10000, compléter ensuite avec environ 10ml de gélose (VRBI) fondue puis refroidie 47°C le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui au milieu coulé ne doit pas excéder 15 min. dans des boîtes Pétri vides. Ajoute 1ml de dilution pour chaque boîte Pétri, par mouvement va-et-vient forme 8. L'incubation se fait 37°C pendant 24 à 48h. Lecteur des colonies roses

4.2.3. Recherche et dénombrement de *Salmonella*

Le genre *Salmonella* fait partie de la famille des entérobactériaceae. Ce sont des bacilles Gram (-)

Anaérobies facultatifs.

Mobile grâce à une ciliature pétri leur identification permet de savoir si le produit est dangereux à consommer ou non (Leveau et Bauis, 1993)

La recherche de salmonelle, se fait en 2 étapes successives :

Le milieu sélectif du sulfate de sodium anhydre Na₂SO₄.

Prépare : 5g de sulfate de sodium anhydre dans 250ml l'eau distillé par agitation et chauffage nous vidons dans un flacon. Dans portoir un séries de dilution A, B ,C, (10/10,10/100...10/10000) .

Pour le standard et optimisé, en ajout 9ml de l'eau physiologie pour chaque tube et en ajout 1ml de sirop de datte et par agitation par vortex on prendre dans chaque tube 1ml de solution.

On ajout une quantité de 5ml de milieu sélectif du sulfate de sodium anhydre par chaque tube et incubation pendant 24h dans étuve 37°C. Coulé les boites par le milieu Heckteon et dans réfrigérateur pendant 24h.

Après 24h en prendre les boites de Pétri et le portoir et par vortex et pipette Pasteur ; nous entrons la pipette dans le tube après agitation et par des mouvements dans la boite de Pétri pour distribué inoculum, incubation pendant 24h dans étuve 37°C, les *Salmonelles* se présentent se forme des colonies des couleurs gris bleu à centre noire.

4.2.4. Recherche des *Staphylococcus aureus*

Ces germes sont les seuls à produire éventuellement des entérotoxines protéique causant des intoxications alimentaires. A partir des dilutions mères et des dilutions décimales, on a prélevé 1ml par pipette, qu'on a introduit dans des tubes à vis contenant 10ml des milieux enrichi à Rison d'un tube pour chaque dilution (10/10,10/100,10/1000), on incube pendant 48h à 37°C. Après ce délai, nous avons continué le mode opératoire en liquéfiant tout d'abord la gélose Chapman au bain-marie et que laisser refroidir à 45°C. Ensuite couler la gélose sur les boites de Pétri et après solidification de gélose ensemençer deux boites de Pétri pour chaque dilution puis les incubés à 37°C pendant 48h. L'lecture des résultats positifs se traduit par l'apparition des colonies jaunes (due à la dégradation du manitol), le calcul du nombre de germe se fera en multipliant, le nombre de bactéries trouvé par l'inverse de la concentration de dilution utilisé.

4.2.5. Recherche des levures et des moisissures

La recherche et dénombrement des levures et moisissures sont pour deux couses Leurs aptitudes à provoquer des altérations d'ordre organoleptique importantes au niveau de l'aliment. A partir de chaque dilution décimales retenues (10/10...10/10000). Transfère aseptiquement 4 gouttes de chaque dilution à la boite de préalablement fondu et solidifie étaler à l'aide d'un râtelier stérile.

L'incubation de ces boîtes se fait à 20°C couvercle en bas pendant 5 jours en surveillant quotidiennement les boîtes pour éviter l'envahissement des moisissures sur le milieu.

Les colonies des levures sont rondes et bombées ; des couleurs différents et de forme. Convexe ou plate et souvent opaque. Les moisissures sont épaisses, filamenteuse pigments ou non, à aspect velouté sont plus grandes.

4.3. Analyse sensorielle

Nous avons réalisé ces analyses dans le but d'apprécier le degré d'acceptabilité du sirop de datte élaborés. Deux tests en été effectués : un test organoleptique
Selon Watts *et al.* (1991), les tests organoleptiques servent à identifier les variations entre les produits alimentaires ou à mesurer l'intensité de la saveur (odeur, goût, odeur et couleur)

Les dégustateurs choisissent, pour chaque échantillon, la catégorie qui correspond à leur degré d'appréciation.

Les analyses ont été effectuées pendant 3h au niveau de laboratoire au niveau de notre faculté de science de la nature et de la vie de l'université AMMAR Thelidji Laghouat, dont nous avons tenus à respecter les conditions d'analyse sensorielle essentiellement : L'hygiène, l'isolement des dégustateurs, le calme et l'anonymat des échantillons (Figure 09).

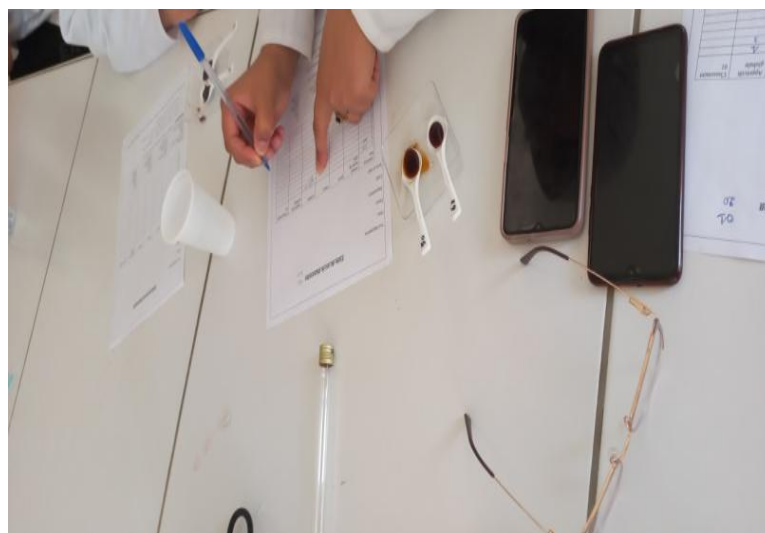


Figure 09 : Photographie originale montrant l'échantillon dégusté

Le jury est constitué de 20 dégustateurs. Nous avons fait appel à des étudiants du Département de Biologie et agronomie et des fonctionnaires de laboratoire et des collègues. Chaque dégustateur reçoit trios échantillons de sirop de dattes codés (S1, S2, S3) et avec

différentes concentrations de sirop de dattes, les dégustateurs sont appelés à analyser les échantillons en respectant les étapes décrites dans les questionnaires.



Figure 10 : Photographie originale montrant fiche dégustation.

4.4. Analyse statistique

4.4. 1. Analyse en composant principale (ACP)

Cette analyse multidimensionnelle des données est une méthode factorielle et linéaire qui traite des caractères numérique (dans notre cas, les résultats des analyses sensorielles). Elle permet de mettre en évidence les ressemblances sensorielles entre les différentes factures (gout, odeur, couleur et appréciât globale). Le principe de l'ACP consiste à déterminer la corrélation des variables et de regrouper ces variables en ensembles dans des familles de même origine. Ces ensembles des variables nouvelle, appelées composantes principale, définissent des plans factoriels qui servent de base à une représentation graphique plane des variables initiales.

Au cours de ce travail, une analyse statistique (ACP) a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT (2016). Les données portent sur l'ensemble des analyses relatives aux 20 dégustateurs. Les quatres variables traitées, concernant les paramètres sensorielles suivants : (gout, couleur, odeur et appréciât globale).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats

1.1. Fabrication de sirop de dattes sous les conditions standards

1.1.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Le tableau 05 résume les résultats de l'analyse physico-chimiques, du produit final obtenu après la préparation du sirop de dattes sous les conditions standards de la fabrication (méthodes traditionnelle), nous observons une légère acidité avec un pH de l'ordre de 5.26, conductivité 6,3µs/cm, teneur en eau 35%, degré Brix 75 Bx, viscosité 500 cP.

Tableau 05 : Résultat physico-chimique de sirop de datte standard.

pH	Conductivité	Teneur en eau	D. Brix	Viscosité
5,26	6,3 µs/cm	35 %	75° Bx	500 cP

1.1.2. Résultats des analyses microbiologiques

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble des résultats de l'analyse microbiologique des échantillons du sirop de dattes obtenu par la méthode traditionnelle de fabrication des sirops de dattes (Robb).

Tableau 06 : Résultat microbiologique de sirop de datte standard

Germes	Résultat	Norme Algérie	
		m	M
FAMT	< 30	10 ⁴	10 ⁵
Coliformes fécaux et totaux	<30	10 ²	10 ³
<i>S.aureus</i>	<15	10 ²	10 ³
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence dans 25 g	
Levure	<10	Absence	
Moississure	<10	Absence	

Voici les figures ci-dessous de toutes les analyses microbiologiques.



Figure 11 : Photographie originale montrant la flore Aérobie Mésophile totale (standard)



Figure 12 : Photographie originale montrant la flore coliforme fécaux et coliforme totale (standard)

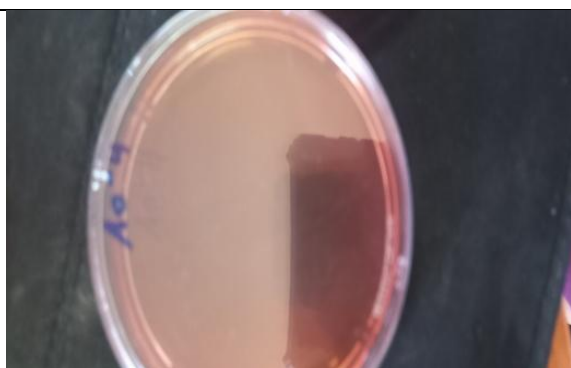


Figure 13: Photographie originale montrant la flore *staphylococcies aureus* (standard)

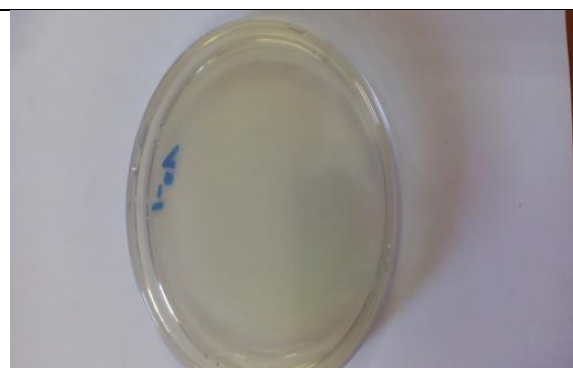


Figure 14: Photographie originale montrant la flore *Salmonella* (standard)



Figure 15 : Photographie originale montrant Levure (standard)



Figure16 : Photographie originale montrant Moisissure (standard)

1.3. Résultats du plan du premier ordre Plackett-Burman

Le diagramme des valeurs réelles par rapport aux valeurs prédites pour le plan de criblage de Plackett-Burman (Figure 15) et le (Tableau 07) illustrent les effets positifs et négatifs des facteurs sélectionnés sur la fabrication du Robb. Le Tableau (07) résume les valeurs de modèle les plus significatives. À l'aide du modèle Plackett-Burman, l'exploration a été menée sur les composants du milieu les plus appropriés et qui influence significativement la fabrication du Robb. Parmi les six facteurs évalués, deux entre eux (temps de cuisson, rapport de masse) ont été observés comme étant les plus importantes, et qui affectant significativement ($p < 0.05$), la fabrication du (Robb). Les autres facteurs présentent un effet non significatif ($p < 0,1$). On prend en considération un facteur supplémentaire à effet d'interaction aux facteurs significatifs à savoir (l'agitation) (voir figure (15) sur la fonction désirabilité)

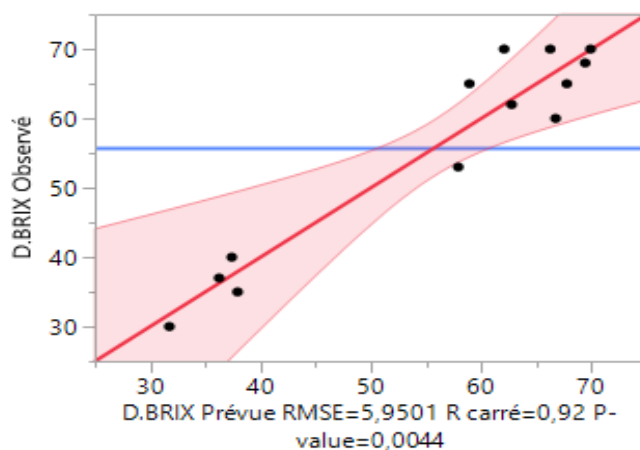


Figure 17 : valeurs observées en fonction des valeurs prévues

Tableau 07 : Estimations des coefficients du modèle

Terme	Estimation des coefficients codés		Erreur standard	t ratio	Prob. > t
Constante	55,244444		1,659404	33,29	<,0001*
Temperature(250,300)	-2,916667		1,717646	-1,70	0,1404
Temps(3,4)	-7,083333		1,717646	-4,12	0,0062*
R. de masse(10,20)	-8,416667		1,717646	-4,90	0,0027*
T Filtration[Comp]	5,7444444		1,659404	3,46	0,0134*
T Filtration[P. Filtre]	-5,744444		1,659404	-3,46	0,0134*
Nature de Dts[Gha]	1,0777778		1,659404	0,65	0,5401
Nature de Dts[Deg]	-1,077778		1,659404	-0,65	0,5401
Agitation(150,250)	6,25		1,717646	3,64	0,0109*

Le coefficient de détermination linéaire de Pearson R^2 prédit égale 0,92 était en accord avec celui ajusté $R^2 = 0,89$.

La racine de l'écart quadratique moyen Root-Mean-Square-Error (RMSE) égale à 5.95 est optimale pour un prototype statistique très satisfaisant, ce prototype peut être utilisé pour produire des extraits de dattes (Robb) sous les conditions expérimentales de la matrice Plackett-Burman. L'équation finale du modèle mathématique de Plackett-Burman était dérivée des facteurs de production du (Robb) en fonction de variables indépendantes, comme indiqué par l'équation (03) :

Formule générale du modèle statistique premier ordre :

Degré de Brix = $55.25 - 2.92 * (\text{Température}) - 7.083 * (\text{Temps}) - 8.42 * (\text{R. de masse}) - (\text{Type de filtration}) + (\text{Nature des Dts}) + 6.25 (\text{Agitation})$.

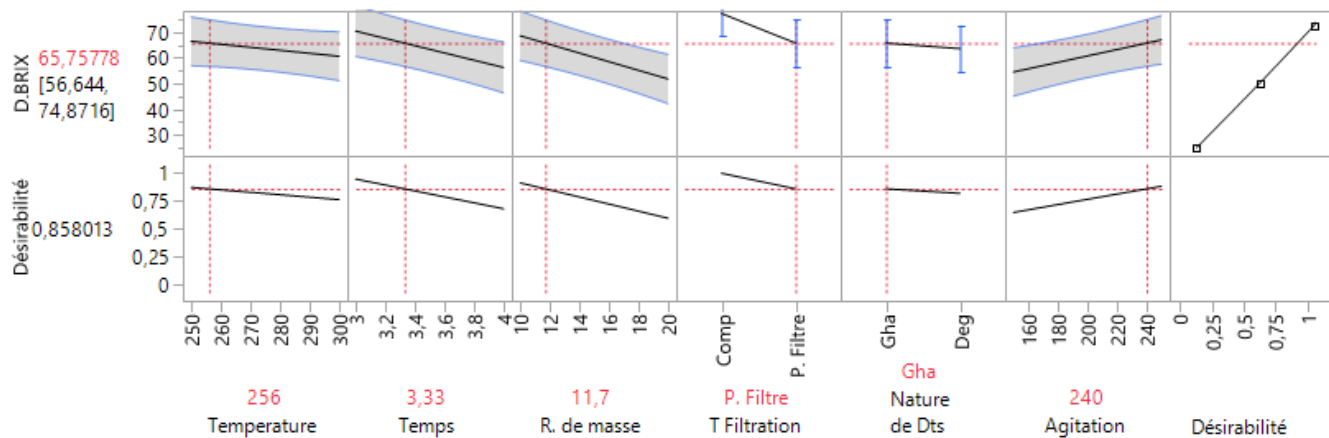


Figure 18 : Relation entre facteurs et fonction désirabilité et le D. Brix.

Après avoir terminé la préparation du sirop de dattes, nous avons effectué une analyse physico-chimique du produit, et nous avons obtenu le Tableau (08) nous observons une légère acidité avec un pH de l'ordre de 7,23 conductivité $2,07 \mu\text{S}/\text{cm}$, teneur en eau 14,30%, degré Brix 70°Bx , viscosité 550 cP.

Tableau 08 : Résultat physico-chimique de sirop de dattes calibré

pH	Conductivité	Teneur en eau	D. Brix	Viscosité
7,23	$2,07 \mu\text{S}/\text{cm}$	14,30%	70°Bx	550cP

Après avoir terminé la préparation du sirop de datte, nous avons effectué une analyse microbiologique du produit, et nous avons obtenu le Tableau 09 suivant.

Tableau 09 : Résultat microbiologique de sirop de dattes criblé.

Germes	Résultat	Norme Algérie	
		m	M
FAMT	< 30	10^4	10^5
Coliormes fécaux et totaux	<30	10^2	10^3
<i>S.aureus</i>	<15	10^2	10^3
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence dans 25 g	
Levure	<10	Absence	
Moisissure	<10	Absence	



Figure 19: Photographie originale montrant la flore *Aérobies Mésophile totale* (criblé)

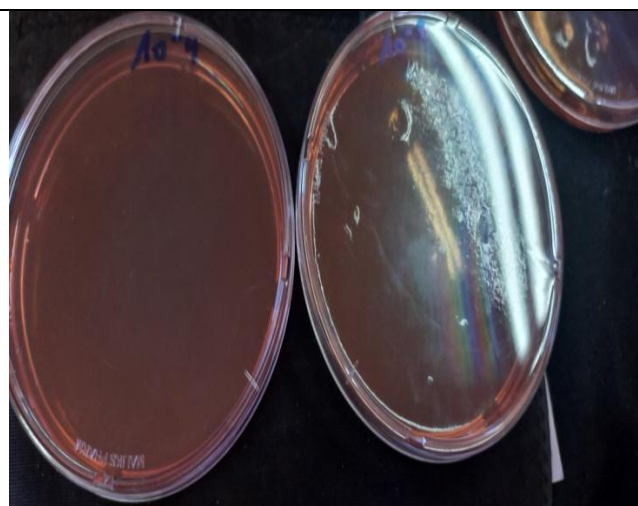


Figure20 : Photographie originale montrant la flore coliforme fécaux et cliforme totale (criblé)

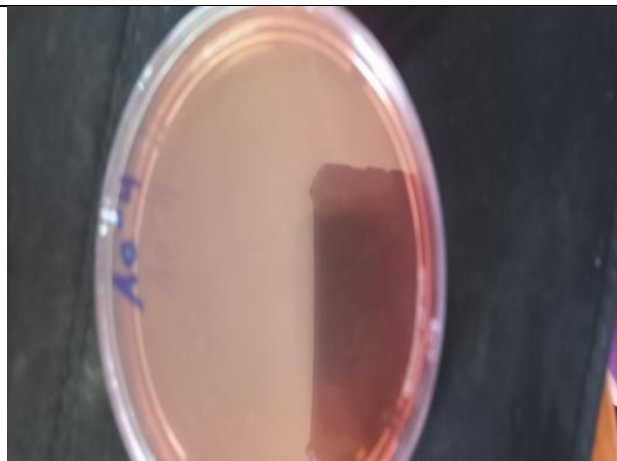


Figure 21: Photographie originale montrant la flore *staphylococcies-aurisse* (criblé)

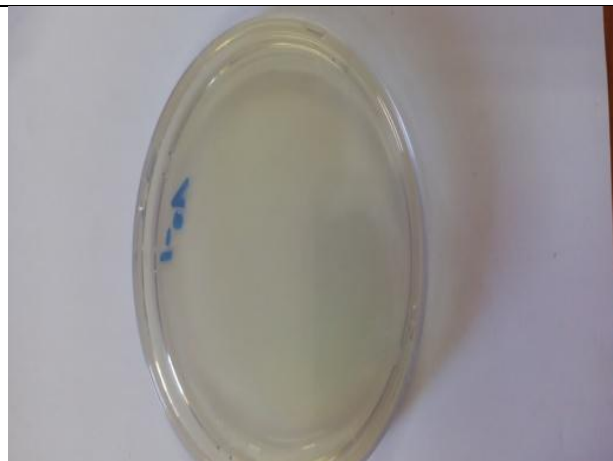


Figure 22: Photographie originale montrant la flore *Salmonella* (criblé)



Figure23 : Photographie originale montrant levure (criblé)



Figure24: Photographie originale montrant Moisissure (criblé)

1.3. Résultats du plan du second ordre RSM

Les résultats de l'analyse de variance des données sont présentés dans le Tableau (10) et Figure (23) et les courbe des iso réponses et les surfaces des réponses.

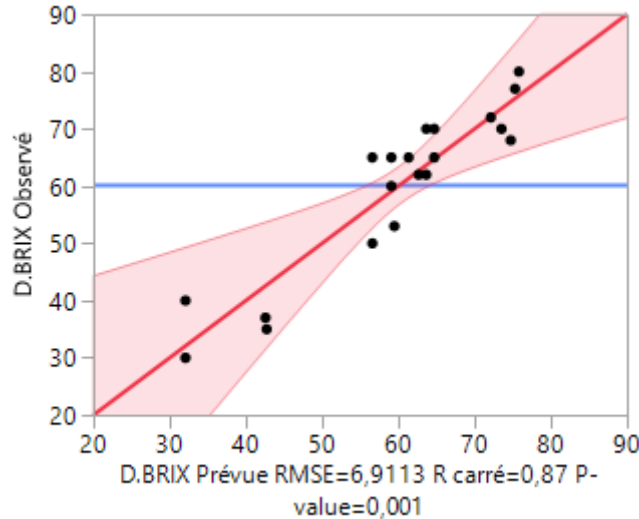


Figure 25: valeurs observées en fonction des valeurs prévues

Le coefficient de détermination R^2 atteint 0,8833, ceci indique que 88,30% de la variabilité de la réponse peut être expliquée par le modèle (Myers *et al.*, 2016), ce qui est un résultat probant. Ce modèle peut être utilisé pour confirmer le plan de surface.

Les résultats de l'analyse mathématique des données montrent que les effets les plus significatifs sur la nouvelle production du Robb sont (le temps, rapport de masse, et faiblement l'agitation) (Tableau 07).

En considérant les termes significatifs, le modèle polynomial pour la production du (Robb) comme réponse a été régressé et exprimé comme dans l'équation (01)

L'équation générale du modèle statistique second ordre, présente ci-dessous :

$$\begin{aligned} \text{Degré de Brix} = & 74.45 - 6.58 * (\text{Temps}) - 8.84 * (\text{R. de masse}) + 5.40 * (\text{Agitation}) + 5.68 * \\ & (\text{Temps}) * (\text{Temps}) - 1.62 (\text{Temps}) * (\text{R. de masse}) - 5.65 * (\text{R. de masse}) * (\text{R. de masse}) - \\ & 2.70 * (\text{Temps}) * (\text{Agitation}) + 2.73 * (\text{R. de masse}) * (\text{Agitation}) - 8.17153284671533 \\ & (\text{Agitation}) * (\text{Agitation}) \end{aligned}$$

Tableau 10 : Estimation des coefficients.

Terme	Estimation	Erreur standard	t ratio	Prob. > t
Constante	73,523114	3,152258	23,32	<,0001*
Temps(3,4)	-6,578947	1,941907	-3,39	0,0061*
R. de masse(10,20)	-9,361922	1,890433	-4,95	0,0004*
Agitation(150,250)	5,3947368	1,941907	2,78	0,0180*
Temps*Temps	-4,284672	4,048072	-1,06	0,3125
Temps*R. de masse	-1,618421	2,097499	-0,77	0,4566
R. de masse*R. de masse	-7,576845	3,885716	-1,95	0,0771
Temps*Agitation	-2,870641	2,092268	-1,37	0,1974
R. de masse*Agitation	2,7236842	2,097499	1,30	0,2207
Agitation*Agitation	-6,784672	4,048072	-1,68	0,1219

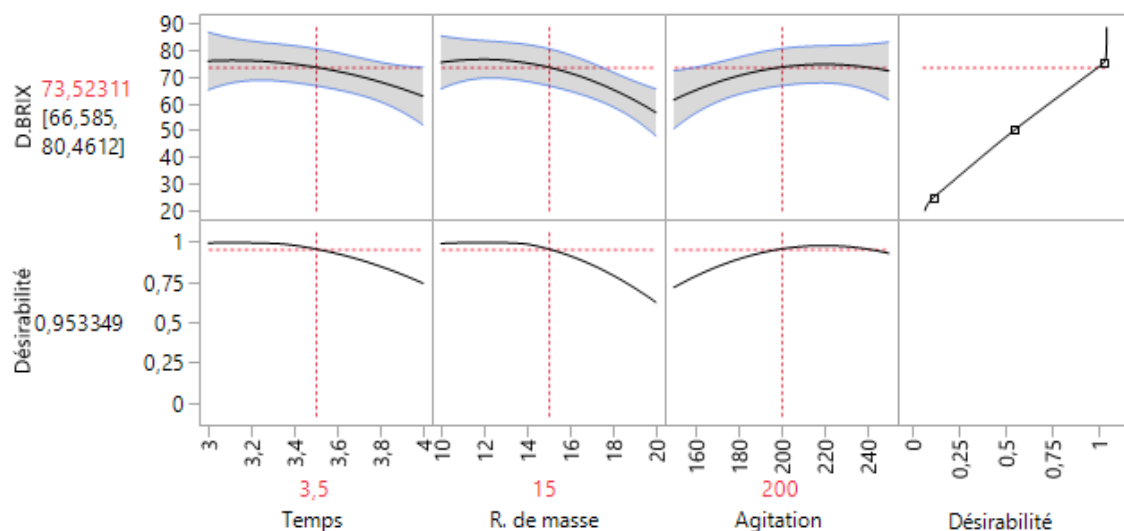


Figure 26: Relation entre facteurs et fonction désirabilité et le D. Brix.

La fonction de désirabilité à augmenter significativement de l'ordre de 10% dans la production de la Robb, voir figure (24)

Les représentations graphiques des équations de régression (courbes de surface de réponse (3D) et leurs courbes de contour bidimensionnel (2D) correspondants) sont simples. Ils ont une contribution cruciale dans la définition de la corrélation entre les trois variables et l'évaluation de leurs quantités optimales (Jhample *et al.*, 2015). Selon Bhagwat *et al.* (2015) les contours circulaires indiquent que les interactions corrélatives entre les facteurs relatifs ne sont pas significatives, alors que les diagrammes de contours elliptiques définissent des

interactions corrélatives significatives entre les variables relatives. Deux facteurs en interaction ont été maintenues à des niveaux optimaux, ainsi que les variables résiduelles ont été maintenues au niveau zéro.

Après avoir terminé la préparation du sirop de datte, nous avons effectué une analyse physico-chimique du produit, et nous avons obtenu le Tableau (11) suivant, nous observons une légère acidité avec un pH de l'ordre de 5.27, conductivité 2,7µs/cm, teneur en eau 16,34%, degré Brix 75 Bx, viscosité 500 cP.

Tableau11 : Résultat physico-chimique de sirop de datte RSM.

pH	Conductivité	Teneur en eau	D. Brix	Viscosité
5,27	2,7µs/cm	16,34%	75° Bx	600 cP

Après avoir terminé la préparation du sirop de datte, nous avons effectué une analyse microbiologique du produit, et nous avons obtenu le Tableau (12) suivant.

Tableau 12 : Résultat microbiologique de optimisé.

Germes	Résultat	Norme Algérie	
		m	M
FAMT	< 30	10 ⁴	10 ⁵
Coliformes fécaux et totaux	<30	10 ²	10 ³
S.aureus	<15	10 ²	10 ³
Salmonella	Absence	Absence dans 25 g	
Levure	<10	Absence	
Moisissure	<10	Absence	



Figure 27 : Photographie originale montrant la flore *Aérobic Mésophile Total* (optimisé)

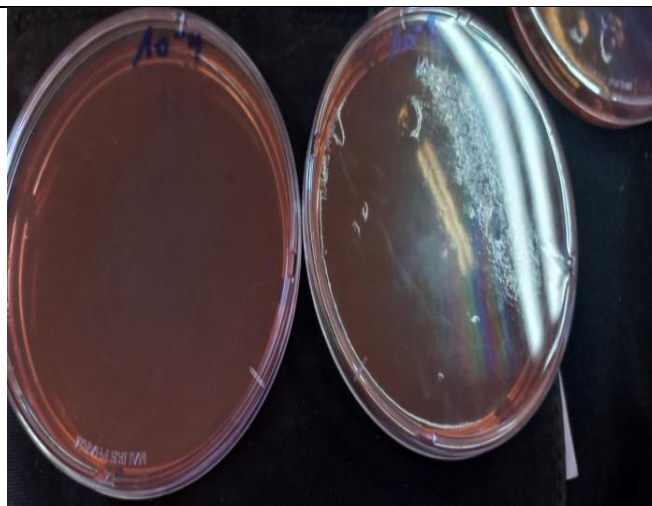


Figure 28: Photographie originale montrant la flore *coliforme fécul et coliforme totale* (optimisé)

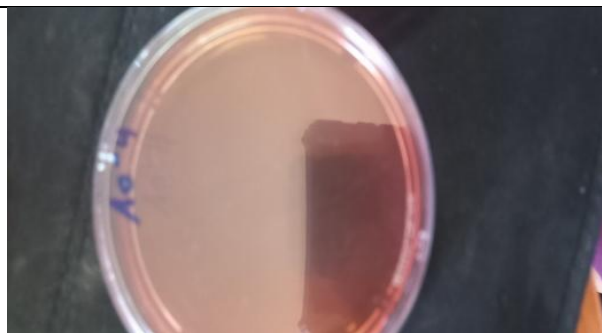


Figure 29 : Photographie originale montrant la flore *staphylococcies aurisse*(RSM)



Figure 30: Photographie originale montrant la flore *Salmonella*(RSM)



Figure 31: Photographie originale montrant *Levure* (RSM)

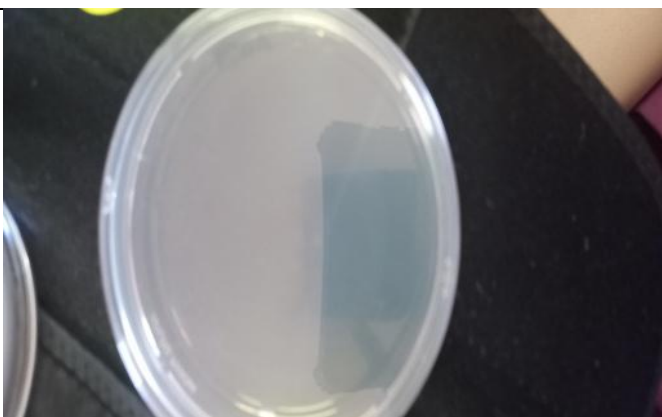


Figure 32: Photographie originale montrant *Moisissure* (RSM)

Courbes isoprènes

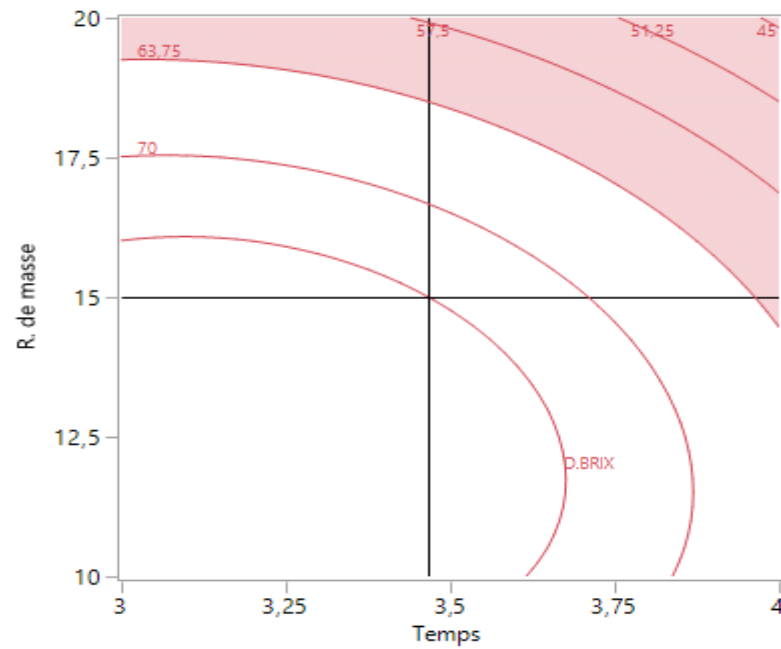


Figure 33 : Courbes isoprènes.

Surface de réponse

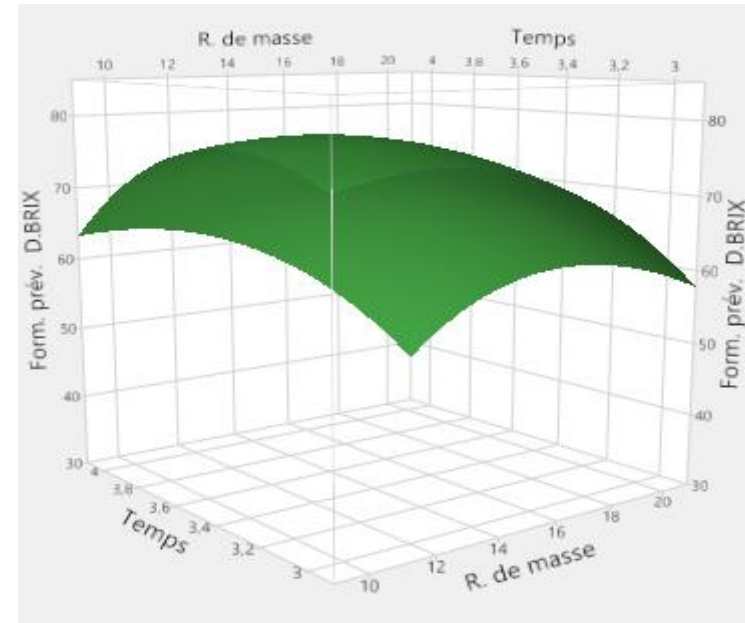


Figure34 : Surface de réponse.

- A1) Courbe de contour pour les effets de rapport de masse /Temps sur la production du Robb
A2) Courbe de surface de réponse les effets de rapport de masse /Temps sur la production du Robb

Courbes isoprènes

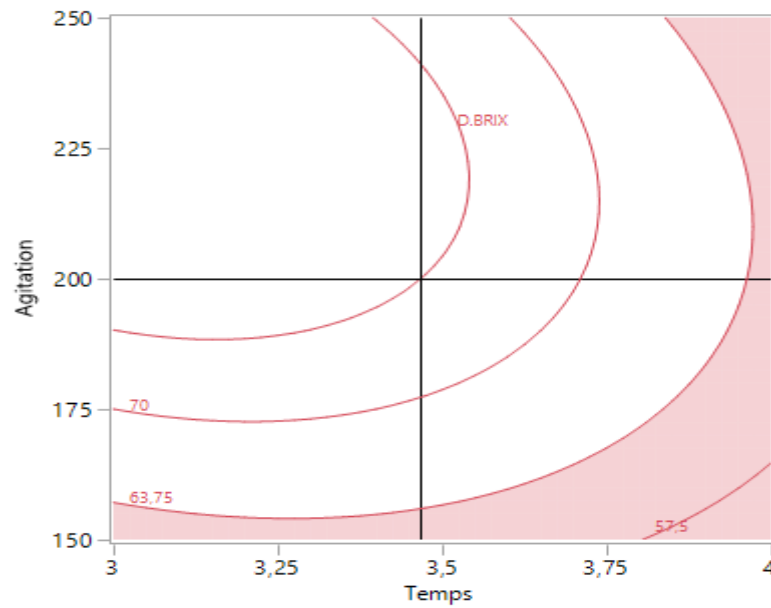


Figure35 : Courbes isoprènes.

Surface de réponse

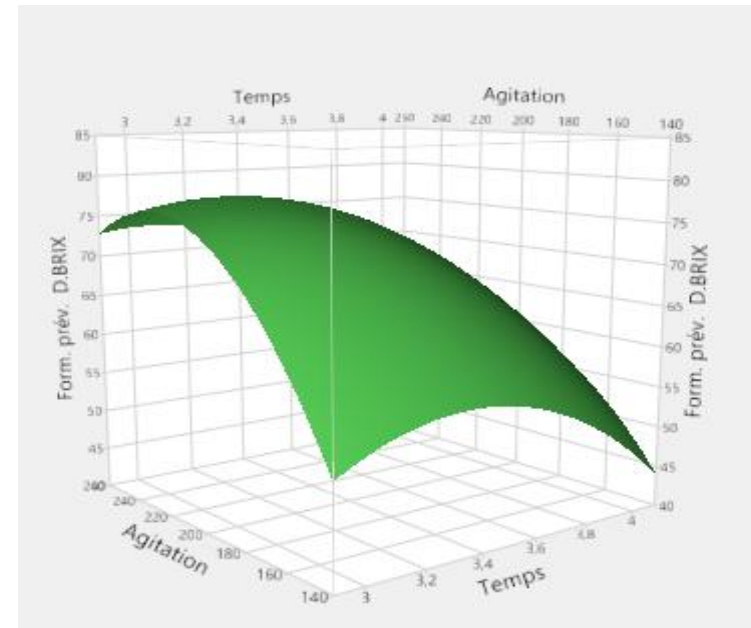


Figure36 : Surface de réponse.

A1) Courbe de contour pour les effets l'agitation /Temps sur la production du Robb

A2) Courbe de surface de réponse les effets de l'agitation /Temps sur la production du Robb

1.4. Résultats des tests sensoriels

1.4.1. Analyse sensorielle du sirop de dattes standard

La corrélation des variables d'analyse sensorielle par différents caractères (gout, odeur, couleur, arôme de fruit et appréciation globale), par 20 dégustateurs.

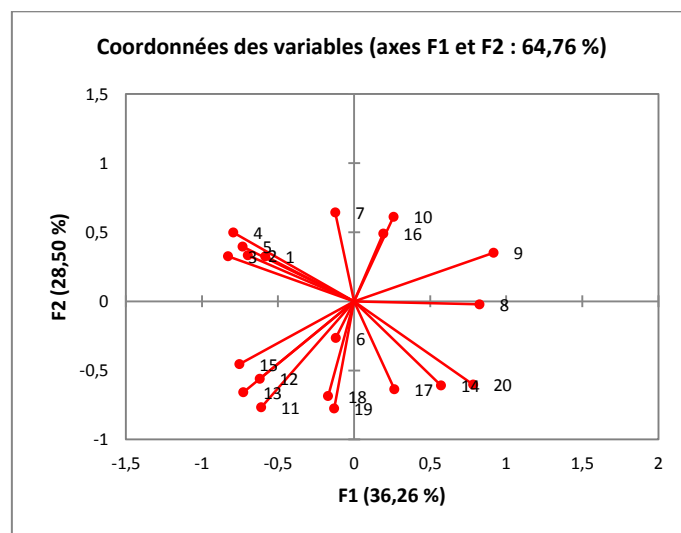


Figure 37: corrélation des variables sur d'analyses sensorielles standard

La corrélation entre les variables et les facteurs d'analyse sensorielle par différents caractères (gout, odeur, couleur, arôme de fruit et appréciation globale), par 20 dégustateurs.

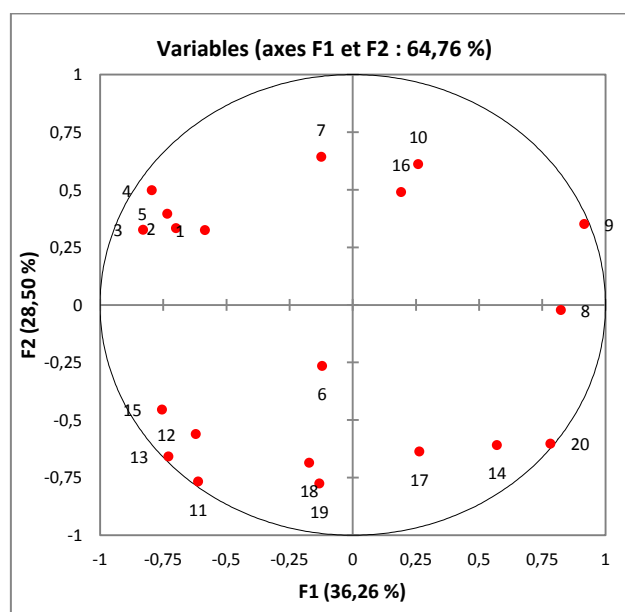


Figure 38: corrélation entre les variables et les facteurs

Observation par graphe symétrique axes (F1 et F2) d'analyse sensorielles le (+) acceptable et (-) rejeter.

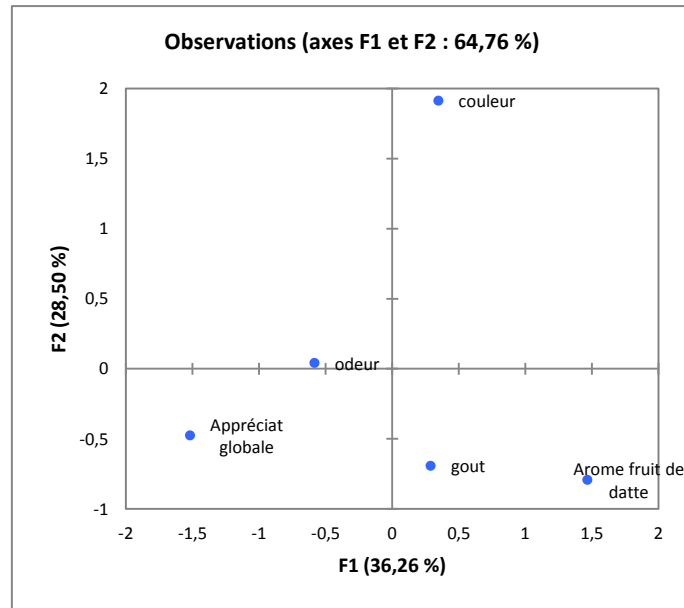


Figure 39: Graphe symétrique des analyses sensorielles

1.4.2. Analyse sensorielle du sirop de dattes criblé

La corrélation des variables d'analyse sensorielle par différent caractère (gout, odeur, couleur, arôme de fruit et appréciât globale), par 20 dégustateur.

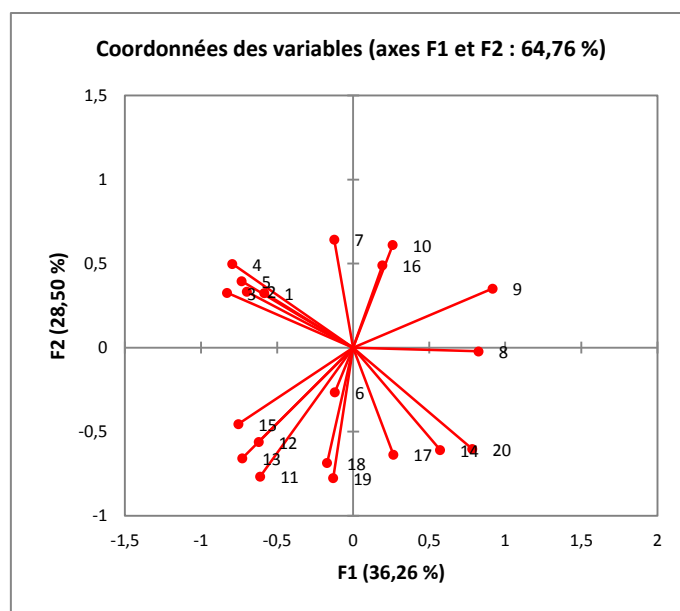


Figure 40 : corrélation des variables sur d'analyses sensorielles

La corrélation entre les variables et les facteurs d'analyse sensorielle par différents caractères (gout, odeur, couleur, arôme de fruit et appréciation globale), par 20 dégustateurs.

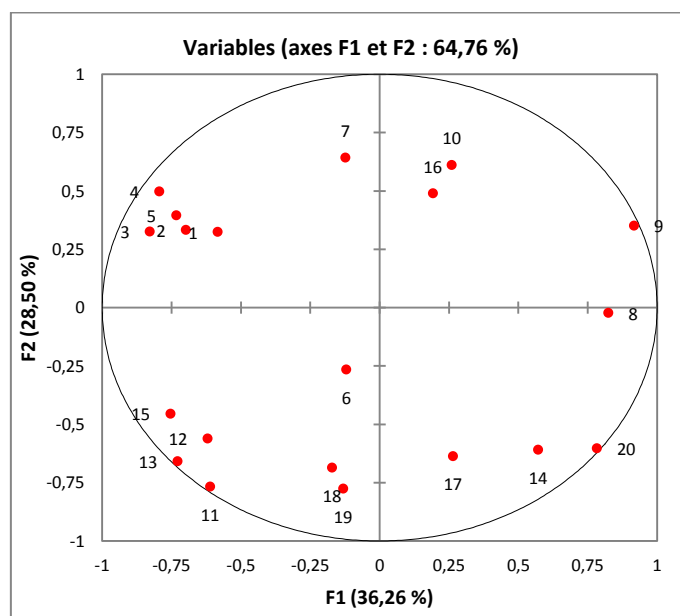


Figure 41 : corrélation entre les variables et les facteurs

Observation par graphe symétrique axes (F1 et F2) d'analyse sensorielles le (+) acceptable et (-) rejeter.

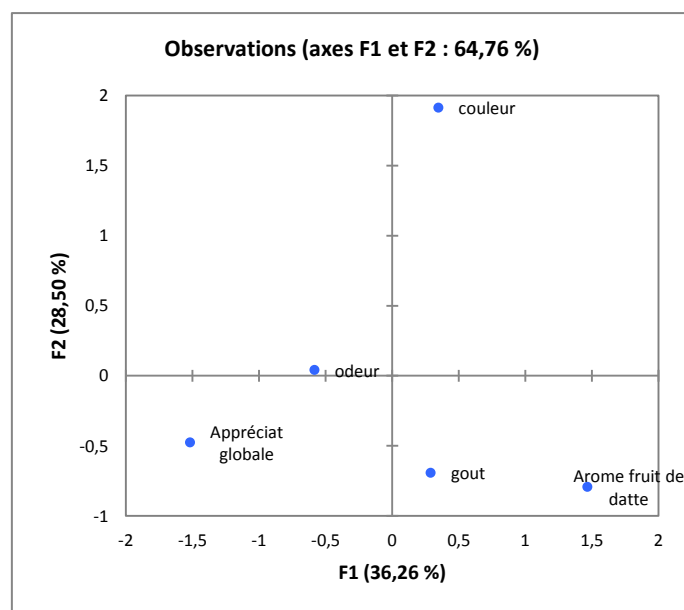


Figure 42 : Graphe symétrique des analyses sensorielles

1.4.3. Analyse sensorielle du sirop de dattes optimisé

La corrélation des variables d'analyse sensorielle par différent caractère (gout, odeur, couleur, arôme de fruit et appréciât globale), par 20 dégustateur.

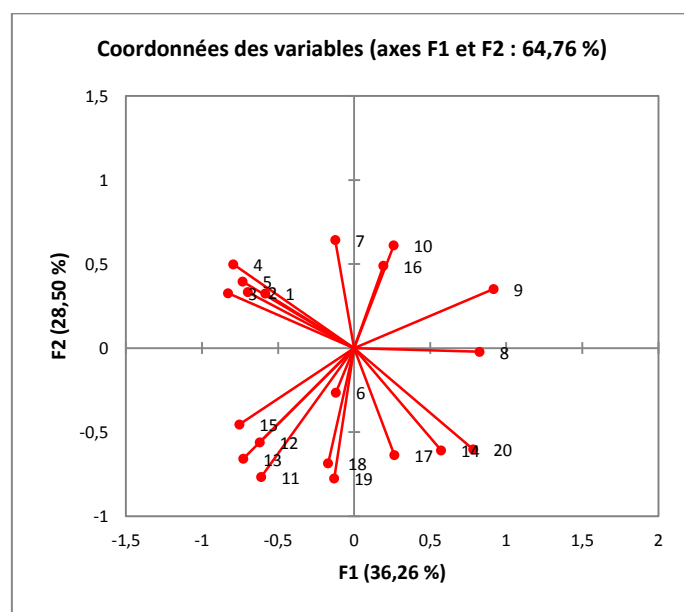


Figure 43: corrélation des variables sur d'analyses sensorielle

La corrélation entre les variables et les facteurs d'analyse sensorielle par différents caractères (gout, odeur, couleur, arôme de fruit et appréciation globale), par 20 dégustateurs.

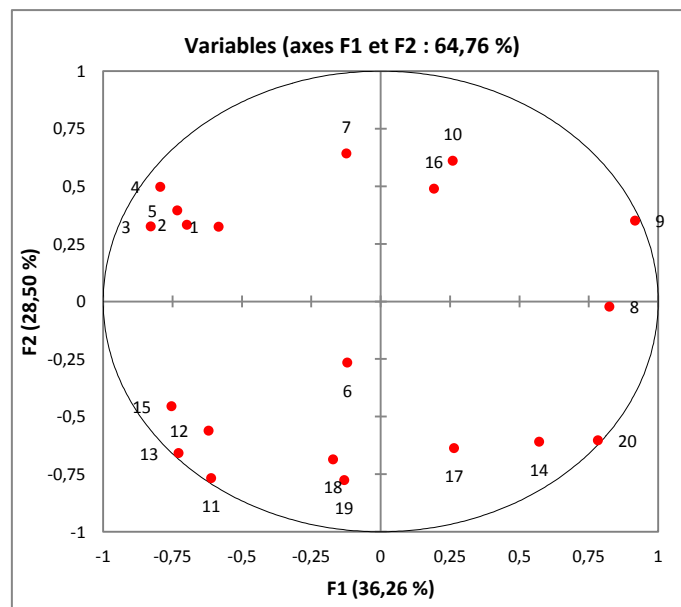


Figure 44: corrélation entre les variables et les facteurs

Observation par graphe symétrique axes (F1 et F2) d'analyse sensorielles le (+) acceptable et (-) rejeter.

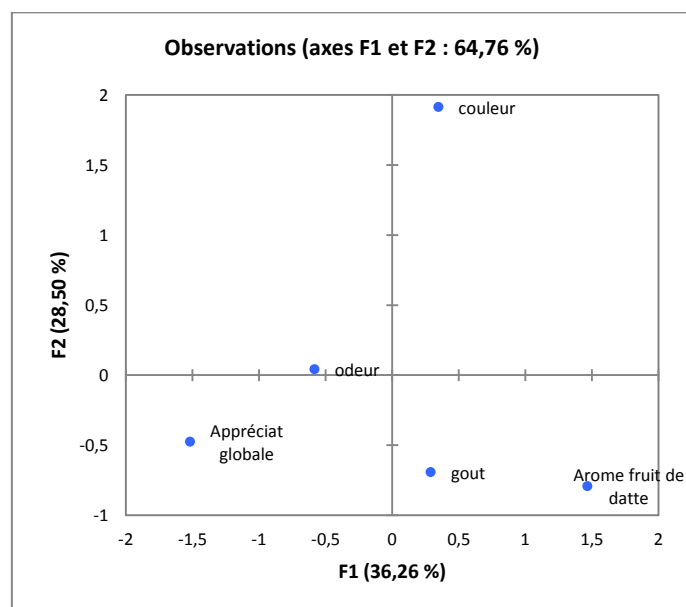


Figure 45: Graphe symétrique des analyses sensorielles

Afin de mieux visualiser et d'interpréter l'ensemble des résultats obtenus, et d'apprécier le rôle de chaque facteur dans la réponse organoleptique une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée pour 3 groupes des sirops de dattes standards, criblés et optimisés

Une visualisation graphique, après construction d'un espace factoriel de nuage de points associés aux résultats expérimentaux, est effectuée en utilisant le logiciel XLSTAT pour Excel avec limitation maximale de la perte d'informations. Les résultats de cette analyse sont donnés par les figures (32 ; 35 ;38).

L'ACP a permis de séparer les dégustateurs en deux groupes distincts: un premier groupe (G1), et un second groupe (G2) selon la réponse de ces derniers figures (31 ; 35 ;37).

Nous remarquons que les figures présentent des similarités et des représentations très proche des individus en réponses aux trois types de sirop de dattes (standard ; criblé et optimisé).

2. Discussions

Le sirop de dattes est un produit stable d'une couleur plus ou moins brune. Dans des flacons transparents, il peut prendre une couleur noir-rougeâtre. Le goût de sirop est similaire au goût de datte utilisée (Mimouni, 2015). Sa viscosité est identique à celle de miels d'abeilles (Reyens, 1997 ; Boujnah et Harrak, 2012). Il peut être fabriqué à partir de n'importe quelle datte de qualité secondaire, de préférence des cultivars molles ou susceptible de le devenir après trempage, comme les cultivars Ghars et Deglet-Nour (Reyens, 1997).

On fait l'optimisation du sirop des dattes pour obtenir un bon produit avec un goût désirable. Cette méthode est plus rapide et moins chère par rapport à la méthode traditionnelle, par ce qu'elle consomme moins d'énergie et avec l'inclusion d'un nouveau facteur (l'agitation magnétique) et les cuissons à température suffisante facilitent l'Décocction des sucres et augmente le degré Brix dans un axe de temps réduit, par contre la méthode traditionnelle de fabrication du sirop de dattes prend beaucoup de temps de cuisson et consomme beaucoup plus d'énergie.

Des travaux réalisés par (Mustafa et al, 1983) rapportent des teneurs en eau du <<Dibs>> provenant d'un cultivar de datte Saoudienne, variées entre 14,75 et 17,35. (Mekki et al, 1983), ayant travaillé sur le <<Dibs>> fabriqué à partir des cultivars Irakiennes, ont mentionné des teneurs en eau de l'ordre 24,31%. Selon El-oghandi, 1997), les sirops de dattes des cultivars Irakienne et Egyptienne renfermeraient, des teneurs en eau comprises est 15 et 25. De ce fait, les résultats obtenus lors de la présente étude sont compris dans la fourchette donnée par la bibliographie. Ils sont susceptibles de modification par modulation de la durée de condensation.

D'une manière générale, les teneurs en eau des sirops restant dans l'intervalle activité d'eau : $0,14 < a_w < 0,36$. Des travaux réalisés par Chniti *et al.* (2015) rapportent des teneurs en eau du sirop des cultivars Deglet-Nour, à environ 26,3 %. Selon AL-Manhal (2007) ; EL-Sharnouby *et al* (2009) ; Mimouni *et al.* (2014) ; et Noui (2017). Pour la teneur en eau du sirop de dattes entre 30-35% un peu élevé par rapport les résultats mais dans l'intervalle d'activité eau, le sirop de dattes criblé le résultat entre 14-15% une valeur acceptable par le résultat précédant et pour le sirop de datte optimisé entre 16-17 une valeur acceptable dans l'intervalle de résultat des chercheurs.

Le taux des sucres solubles, exprimé aussi par le degré Brix représente le poids en gramme de matière sèche dans 100g produits (Clement, 1978).

Les résultats obtenus de la présente étude montrent que cette dernière oscille entre 70-80°Bx. Ces valeurs sont comprises dans l'intervalle rapporté par (el-ogaidi, 1987) ;

(Abdelfath, 1990) ; (Ibrahim et Khallil, 1997) ; (Maimouni, 2009), selon ces auteurs le <<Robb>> extraits à haute température serait de l'ordre de 72 et 75° Bx.

La concentration des sirops liée à teneur en sucre solubles dépend de la technique d'Décoction utilisée. En effet, selon Sboukeur, 1997) les sirops de dattes extraits par tassement ont un degré Brix compris entre 60 et 80 °Brix, alors que les travaux réalisés par (Mekki et al, 1983) (Décoction par pressurage et à haute température) montrent que les sirops de dattes sont à 77,00°Bx. Les résultats concernant le degré de Brix de nos expériences par rapport aux trois types de Robb le standard ; le criblé et l'optimisé sont très satisfaisante et correspond aux résultats obtenus par les chercheurs cités en aval.

A fin, de suivre l'évolution du pH lors du procédé d'Décoction des sirops, nous avons essayé de comparer, à chaque fois les résultats obtenus par rapport à ceux des dattes en tant que matière premier.

Les valeurs relevées se situent entre pH 5,20 et 7,23. Les sirops des dattes du cultivar Ghars. Un pH égale à 5,96 pour le standard, 7,23 pour le criblé et 5,27 de l'optimisé. Ces valeurs sont relativement bien corrélées à celles des dattes entières (5,78). Pour le même cultivar (pH=5,05), nous trouvons que Ces résultats sont conformes avec ceux, obtenus par (Siboukeur, 1997).

D'une manière générale, la conductivité électrique (donnée physico-chimique) est plus faible dans les sirops par rapport aux dattes correspondant dont les valeurs sont les suivantes : entre 2,01et 7,39 μ s/cm respectivement pour le cultivar Ghars. Ceci montre qu'une quantité d'éléments minéraux contenus dans la datte diffuse dans son sirop. Les paramètres standard 6,3 μ s/cm, le criblé 2,07 μ s/cm et l'optimisé 2,7 μ s/cm une valeur donne l'intervalle des résultats.

Rappelons que ce paramètre dépend de la teneur des ions dissous et de leur concentration. Par ailleurs, la température et la viscosité influent également sur la conductivité électrique car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité (Rejsck, 2002).

Généralement il existe une relation linéaire entre le logarithme de la viscosité et le logarithme de la teneur en eau de sirop de datte. La viscosité augmente lorsque la teneur en eau diminue, elle est proportionnelle au taux des substances solubles dans le sirop, ce qui lui donne un pouvoir sucré élevé. Le sirop de 72 à 75% de teneur matières sèche, a une viscosité de 500 centipoises (Gurien et al, 1982), la comparaison des résultats obtenus par la méthode standard et ceux trouvés par (Gurien et al, 1982) indiquent que la viscosité des produits

finales (criblé puis optimisé) reste dans l'intervalle des viscosités enregistrées par des travaux ultérieurs.

Sur la base d'une perspective statistique, le criblage des variables par le plan Plackett-Burman s'est avéré un système puissant et utile pour la production du sirop de dattes (Robb). Les résultats ont montré que trois facteurs représentaient un impact important sur la variation des degrés de Brix entre les différents stades de fabrication du sirop de dattes. Cette variabilité met en évidence l'importance de la recherche des interactions entre les facteurs dans le procédé de fabrication du sirop des dattes pour tirer le meilleur rendement en sucre libre et le plus rapide possible à une température de cuisson acceptable (pas d'altération des composées responsable des bienfaits du sirop de dattes sur la santé du consommateur. Nos résultats sont en accord avec ceux de Maimouni, (2009), rapportant la précision de la conception statistique de Plackett-Burman dans la sélection de l'influence des facteurs, sur la production de sirop de dattes à une haute valeur nutritive et marchande.

Toutes les réponses (soit le degré de Brix ou d'autres réponses) du modèle de plan expérimental ont atteint approximativement les valeurs prédites souhaitées. Cette solution a une fonction de désirabilité globale très satisfaisante soit pour le plan Plackett-Burman ou pour la RSM 90%.

L'analyse sensorielle des trios échantillons du sirop de dattes avait un but comparative, l'objectif était essentiellement pour garder la même appréciation et la même désirabilité que le produit obtenu par le sirop de dattes fabriqué traditionnellement.

L'analyse en composante principales (ACP) des résultats obtenus avec les 20 individus dans le test organoleptique des trois sirops de dattes (standard ; criblé et optimisé)'a permis de subdiviser les individus en deux groupes mal séparés et qui ne présente pas une distinction statistique observable sauf que la similitude des graphes entre les deux groupes et entre les trois variétés des sirops de dattes fabriqués

CONCLUSION

Conclusion

L'Algérie produit de grandes quantités de dattes par an, se classant au quatrième rang mondial, Pour conserver la récolte des dattes pendant une année, les anciens utilisaient les dattes sous forme de sirop de dattes et de farine de dattes afin de les utiliser longtemps sans s'abîmer.

Les dattes ont été utilisées au fil du temps dans différentes villes productrices afin de les exploiter comme aliment de différentes manières, par exemple le yaourt au goût de dattes, le chocolat aux dattes, le sucre de dattes, le café aux graines de dattes, le sirop de dattes et les abricots secs, la crème de datte sirop a base matière grasse.

notre étude aborde une nouvelle perspective technologique pour faciliter la fabrication du sirop de datte en peu de temps et a moindre coût, à l'aide des modèles statistiques obtenus par l'approche de criblage Plackett-Burman ainsi que l'approche d'optimisation RSM, ces approches étaient un meilleur choix en comparant ces dernières par l'approche classique OFAOT. .

Les essais d'optimisation des conditions de fabrication du sirop de datte traditionnel était accompagné par un ensemble de paramètres physico chimiques (pH, conductivité électrique, teneur en eau), microbiologiques, et finalement sensorielles des produits obtenus lors des procédés de fabrication.

Les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques, et sensorielles des sirops de dattes standards, criblés et optimisés présentent approximativement les mêmes valeurs statistiques obtenues après l'évaluation mathématique des modèles par les coefficients de déterminations R^2 et R^2 ajusté pour Plackett-Burman et RSM et l'analyse en composante principale (pour l'analyse sensorielles).

Au final, nous concluons que la méthode d'optimisation du produit sirop de datte avec des facteurs maîtrisés par le logiciel a donné des résultats satisfaisants à tous égards, qu'ils soient sensoriels, physico-chimique et hygiénique (microbiologique), ainsi qu'une durée de conservation prolongée vue les critères technologiques du produit finale, une réduction du coût de fabrication est notable par le passage de 7 heures de cuisson pour le produits standards à moins de 4 heures pour le produits finale.

L'optimisation par planification expérimentale reste un moyen très utile dans l'industrie agroalimentaire ainsi qu'aux secteurs reliés aux dévaloirs des produits agricoles de valeurs économiques et de valeurs nutritionnelles très appréciables par le consommateur ou/et l'industriel.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelfattah A.C.(1990). La datte et le palmier dattier. Ed Dar El-Talae, Caire.
 - Abdelfattah A.C.(1990). La datte et le palmier dattier. Ed Dar El-Talae, Caire.
 - Al Farsi, M. A., Lee, C. Y. 2008. Nutritional and functional properties of dates: areview. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 48, 877-887.
 - AL-HOOTI S. N., SIDAV J. S., ALSAQER J. M. AND AL-OTHMAN A. (2002). Chemical Composition and Quality of Date Syrup as Affected by Pectinase, Cellulose
 - Al-Hooti, S., Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M., Al-Othman, A. 2002. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. Food Chemistry, 79, 215-220.
 - antibacteriennes, (Doctoral dissertation, Université de Boumerdès-M'hamed Bougara).
 - Beg, S. (2021). Design of Experiments for Pharmaceutical Product Development: Volume II: Applications and Practical Case studies. Springer Nature edition.
 - Beg, S., Hasnain, M.S. (2019). Pharmaceutical quality by design. Edition Elsevier, New York, 43–64.
 - Belguedj, M. (2002). Les ressources génétiques du palmier dattier, caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. *Institut national de la recherche agronomique d'Algérie*, 1, 289.¹
 - Belguedj, M. (2002). Les ressources génétiques du palmier dattier, caractéristiques des cultivars de dattiers dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. *Institut national de la recherche agronomique d'Algérie*, 1, 289.²
 - Benahmed, D. (2012). Analyse des aptitudes technologiques des poudres de dattes (phoenix
 - Bhagwat, P.K., Jhample, S.B., Dandge, P.B. (2015). Statistical medium optimization for production of collagenolytic protease by *Pseudomonas* sp. SUK using response surface methodology. Microbiology, 84, 520–530.
 - Biomasse. Pp 87-92.
 - Boujnah M et Harrak H., (2012). Valorisation technologique des dattes au Maroc.institu national de la recherche agronomique, édition INRA, 157p.
 - Brul, S., Van Gerwen, S., Zwietering, M. (2007). Modelling microorganisms in food. Elsevier edition.
-

- caractéristiques physico-chimiques du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette de Ourgla", *Revue des Energies Renouvelables, Production et Valorisation*-
- Chaira N., (2015). Nouvelles approches technologiques de valorisation des dattes tunisiennes à faible valeur marchande. Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles et Institut des Régions Arides de Médénine (IRA). Tunisie, pp 14-16. comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (HFCS) issus de l'amidonnerie.
- dactylifera-l) améliorées par la spiruline. étude des propriétés rhéologiques, nutritionnelles et
- dénombrement des micro-organismes-Technique de comptage des colonies à 30°C ; Rev
- Djerbi M. (1994). Précis de phoeniciculture. F.A.O. Rome, 192 p.
- DJERBI M., 1994- Précis de phoeniculteurs. FAO, 192 p.
- Djerbi, M. (1994). Récolte des dattes. *Précis de phéniciculture, FAO, Tunis, 101*, 109.
- Djerbi, M. (1994). Récolte des dattes. *Précis de phéniciculture, FAO, Tunis, 101*, 109.
- EL-OGAIDI A. K. H. (2000). Le palmier dattier science technologique Agronomique et industrielle. Ed. Dar ezahran, Oman
- EL-OGAIDI A. K. H. (2000). Le palmier dattier science technologique Agronomique et industrielle. Ed. Dar ezahran, Oman.
- El-Ogaidi, A. K. H. (2000). Le palmier dattier science technologique Agronomique et industrielle. Dar ezahran, Oman.
- El-Ogaidi, A. K. H. (2000). Le palmier dattier science technologique Agronomique et industrielle. Dar ezahran, Oman.
- Enzyme Treatment. Biotechnology, Department Kuwait, Institute for Scientific Research Safa Kuwait : 215-220.
- ESPIARD, E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Tech et Doc- Lavoisier, 147-155.
- FAO(2022) : Food Agriculture Organization (2022), FAOSTAT.
- Goupy, J. (2006). Plans d'expériences. Edition Techniques de l'Ingénieur.
- Grumezescu, A.M., Holban, A.M. (2017). Microbial Production of Food Ingredients and Additives Vol. 5. Academic Press edition.

- INA. El- Harrach. P 79 .Chaira, N., Ferchichi, A., Mrabet, A., Sghairooun, M. (2007). Characterisation of datenjuices extracted from the rest of sorting of Deglet-Nour Variety. *Biotechnology*. P 6, 251-256.
- Jayachandra, Y.A., Kontro, M.H., Ganachari, S.V. (2021). *Actinobacteria: Ecology, Diversity, Classification and Extensive Applications*. Springer edition, Singapore.
- Jhample, S.B., Bhagwat, P.K., Dandge, P.B. (2015). Statistical media optimization for enhanced production of fibrinolytic enzyme from newly isolated *Proteus penneri* SP–20. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4, 370–379.
- Maatallah S. (1970). Contribution à la valorisation de la datte algérienne. Thèse Ing I.N.A.El- Harrach, 78 p.
- Matallah, M.A.A. (2004). Contribution à l'étude de la conservation des dates variétés Deglet- Nour : Isotherme d'adsorption et de désorption. Mémoire d'Ingénieur agronomes,
- Merriam, D. F. (1992). Linnaeus' 1734 Dalaresa and his geological observations. *Transactions of the Kansas Academy of Science (1903)*, 211-223.
- Merriam, D. F. (1992). Linnaeus' 1734 Dalaresa and his geological observations. *Transactions of the Kansas Academy of Science (1903)*, 211-223.
- Mimouni Y., (2015). Développement de produits diététiques hypoglycémiants à base de dattes molles variété "Ghars", la plus répandue dans la cuvette de Ouargla. Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Université d'Ouargla, pp. 1-113. 48.
- MIMOUNI Yamin, "Mise au point d'une technique d'Décoction de sirops de dattes ; comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (HFCS) issus de l'amidonnerie", MAGISTER, UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA, (2009), p12, p 16-17.
- MIMOUNI Yamina et SIBOUKEUR Oumelkheir, "Etude des propriétés nutritives et diététiques des sirops de dattes extraits par diffusion, en comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (isoglucoses), issus de l'industrie de l'amidon", THÈSE master, Université KasdiMerbah Ouargla, (2011), p9, 110
- Mimouni, Y. (2009). Mise au point d'une technique d'extraction de sirops de dattes;
- Mimouni, Y. (2015). Développement de produits diététiques hypoglycémiants à base de dattes molles variété «Ghars», la plus répandue dans la cuvette de Ouargla. Thèse Doctorat. Université d'Ouargla. Pp 4-7-10.
- Mimouni, Y., Siboukeur, O. (2011). Etude des propriétés nutritives et diététiques des

- Munier P., (1965). Le palmier-dattier, producteur de sucre. Institut française de recherches fruitières outre-mer. Fruits.20 (10). 577-579. 49.
- MUNIER, P. (1973). Le palmier dattier, techniques agricoles et productions tropicales. Ed maison neuve et la rosse, Paris.
- Myers, R.H., Montgomery, D.C., Anderson-Cook, C. (2016). Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments, Fourth edition. John Wiley and Sons edition, New York.
- Myers, R.H., Montgomery, D.C., Anderson-Cook, C. (2016). Response surface methodology: Process and product optimization using designed experiments, Fourth edition. John Wiley and Sons edition, New York.
- Norme NF ISO 4833-2008. Microbiologie des aliments-Methode horizontale pour le
- Noui Y. (2017). Fabrication et caractérisation des produits alimentaires élaborés à base de dattes (*Phoenix dactylifera* L.). Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Sciences p 4.SW.
- Noui Y.,(2017). Fabrication et caractérisation des produits alimentaires élaborés à base de dattes (*Phoenix dactylifera* L.).Thèse de doctorat, technologie alimentaire. Université Batna 1- Hadj Lakhdar, 87p.
- Oued EL Hadj M. D., Sebihi A. H., and Siboukeur O. (2001). Qualité hygiénique et caractéristique physico-chimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette d'Ouargla. Revue Energies. Renouvelables. Production et Valorisation. Biomasse.
- Oued El Hadj, M. D. ., Sebihi, A. H., Siboukeur, O. (2001). Qualité hygiénique et sirops de dattes extraits par diffusion, en comparaison avec les sirops à haute teneur enfructose (isoglucoses), issus de l'industrie de l'amidon. Ann. Sci. Tech. Pp 3(1), 1-11.
- Singh, B., Raza, K., Beg, S. (2013). Developing optimized drug products employing designed experiments. Chem Ind Dig, 23, 70–76.
- Sit TOUZI, A. (1997). Valorisation des produits et sous-produits de la datte par les procédés biotechnologiques. Rapport de synthèse de l'atelier "Technologie et qualité de la datte", CIHEAM - Options Méditerranéennes, 214 pp
- Toutain G. (1979). Eléments d'agronomie saharienne et la recherche au développement. Imprimerie Jouve, Paris. 277 p.

- TOUZI, A. (1997). Valorisation des produits et sous-produits de la datte par les procédés biotechnologiques. Rapport de synthèse de l'atelier "Technologie et qualité de la datte", CIHEAM - Options Méditerranéennes, 214 pp
- Yang, Y.C., Li, J., Zu, Y.G., Fu, Y-J., Luo, M., Wu, N., Liu, X.L., (2010). Optimization of microwave-assisted enzymatic Décoction of corilagin and geraniin from *Geranium sibiricum* L and evaluation of antioxidant activity. Food Chemistry. 122, 373–380.
- (IC08.4.102), p13. Normes française V04-208-Sep (1969). Détermination de la teneur en eau.

ANNEXES

Annexes

Annexes 01 : Les milieux cultures

Milieu PCA (Plate Count Agar)

23,5g de poudre déshydratée PCA.

1000 ml de l'eau distillé.

Le milieu est bouilli pendant quelque seconde jusqu'à dissolution complété des ingrédients. Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15minutes, couler en boites de Pétri stériles et laisser solidifier.

Milieu Hecktoene

72,66g de poudre déshydratée.

1000 ml l'eau distillé.

Le milieu est bouilli pendant quelques secondes jusqu'à dissolution complète des ingrédients. Ne pas autoclaves ou surchauffer.

Refroidir à 47°C et verser dans des boites de Pétri, le pH final doit entre de 7,5+0,2

Milieu Chapman

Mettre 111g de milieu déshydratée

1000 ml d'eau distillé stérile. Mélange jusqu'à dissolution complète ; stériliser à l'autoclavage à 121°C pendant 15 minutes. Répartir en boites de Pétri.

Milieu Sabouraud

65g

1000 ml de l'eau distillé stérile

Porter à ébullition pour dissoudre complément le milieu. Stériliser par autoclavage à 121°C. Pendant 15 minutes. Refroidir à 45-50°C. Bien mélanger et verser dans des boites de Pétri stériles.

Annexes 02 : Fiche de dégustation

Fiche du test de dégustation

Test dégustation

Date :

Heure :

Dégustateur :

Code :

Sexe et Age :

Attributs lots	Arome fruité de date	gout	odeur	couleur	Appréciât globale	Classement 01
1						
2						
3						

attributs	1	2	3
Arome fruité dattes	imperceptible	moyen	fort
gout	amer	acide	sucre
odeur	d'agréable	acceptable	agréable
couleur	Marron claire	Marron foncé	jaune
Appréciât globale	acceptable	médiocre	excellent

Remarque : L'évaluation de chaque échantillon doit être comme suit

- 1) Portez à la bouche une quantité suffisante de l'échantillon (1ml).
- 2) Maintenez en bouche l'échantillon pendant 5secondes.
- 3) Vous pouvez goûter l'échantillon autant de fois que vous la désirez.
- 4) Rincez la bouche entre deux dégustations.

Autre attention pour

produit :

.....

.....

.....

Annexe 03 : Délutions décimale

