

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences Biologiques
Option : Biochimie et Analyses de Bioproduits

Thème

Contribution à l'étude de l'amélioration des propriétés glycémiantes des sirops issus de dattes molles (variété Ghars)

Présenté par : SEDDIKI Malika

Soutenu publiquement le :

Devant le jury :

Présidente	OULD EL HADJ -KHELIL Aminata	<i>Professeur</i>	U.K.M. OUARGLA
Promotrice	SIBOUKEUR Oumelkheir	<i>Professeur</i>	U.K.M. OUARGLA
Examineur	BOUDJENAH-HAROUN Saliha	<i>Maitre de Conférences A</i>	U.K.M. OUARGLA
Examineur	BABA HANI Souad	<i>Maitre de Conférences A</i>	U.K.M. OUARGLA

Année universitaire 2014/2015

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH, le Miséricordieux de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour réaliser ce travail.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, particulièrement à ma promotrice, Madame SIBOUKEUR Oumelkheir, Professeure, du Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, je lui adresse mes plus vifs remerciements pour l'honneur qu'elle m'a fait en proposant et en dirigeant ce travail, pour ses orientations et ses précieux conseils.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à Madame OULD EL HADJ - KHELIL Aminata, Professeure, du Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider ce jury.

Je remercie très chaleureusement Madame BOUDJENAH-HAROUN Saliha Maître de Conférences A, du Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, et à Madame BABA HANI Souad, Maître de Conférences A du Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, pour l'honneur qu'elles ont bien voulu me faire en acceptant d'évaluer ce travail.

Je tiens à présenter également mes plus vifs remerciements à Mademoiselle MIMOUNI Yamina Maître de Conférences B, du Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, pour son aide précieux et ses conseils.

Je ne saurais oublier Monsieur EDDOUD Amar, Maître assistant A, du Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla, pour sa disponibilité, ses conseils combien précieux, et surtout pour le traitement statistique des résultats.

Que Mademoiselle MEHELLOU Zineb trouve ici l'expression de mes remerciements pour son assistance dans le traitement statistique des résultats.

Ma profonde gratitude s'adresse à tous les volontaires qui ont bien voulu participer aux tests pour la détermination de l'index glycémique des produits testés. Je citerai dans ce contexte : Asma, Zineb, Ahmed, Sohir, Meriem, Bahria, Imane, Samia,

hadjer et Amel. Je les remercie pour leur patience, leur disponibilité, leur aide précieuse et leur soutien moral.

Un grand merci à tous les panelistes de dégustation des sirops de dattes pour leur patience et leur contribution à l'évaluation sensorielle de ces produits.

J'adresse également mes sincères remerciements à tous le personnel technique du laboratoire pédagogique des départements des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, et à celui du laboratoire de recherche « Bioressources Sahariennes, Préservation et Valorisation », particulièrement à son Directeur Monsieur le Professeur CHEHMA Abdelmadjid.

J'adresse également mes remerciements au personnel de la bibliothèque de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah Ouargla d'avoir mis à ma disposition la documentation nécessaire.

Enfin, je remercie ma famille et mes amies pour leurs constants encouragements.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents, qui m'ont soutenue et encouragée jusqu'au bout,

Qu'ALLAH, le Tout Puissant leur accorde une longue vie ;

A la mémoire de mon cher frère : Mohamed Omar ;

Mes très chères sœurs : Amina et Meriem qui ont toujours cru en ma réussite ;

Mes chers frères : Ahmed, Lahcene et Mohamed ;

A mes grand-mères

A toute ma grande famille.

A toutes mes amies.

*A tous mes camarades de la promotion 2013-2015 -Magister « Biochimie et
Analyse des Bioproduits ».*



Malika

Titre: Contribution à l'étude de l'amélioration des propriétés glycémiantes des sirops issus de dattes molles (variété Ghars)

Résumé

Les dattes, fruits de palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), constituent une matière première pour l'élaboration de nombreux produits à forte valeur ajoutée. Parmi ces derniers, le sirop appelés localement « Rob » occupe une place privilégiée au sein de la population saharienne.

L'objectif de cette étude vise essentiellement à améliorer les propriétés glycémiantes du sirop issu des dattes variété "Ghars" (SBDG), par des incorporations d'huile d'olive et de spiruline à raison de 1, 2 et 3%, susceptibles d'abaisser son index glycémique, et d'améliorer ainsi ses propriétés diététiques. Parallèlement, une évaluation de la qualité organoleptique et hédonique des sirops est déterminée par des tests de dégustation.

Le SBDG est extrait par diffusion dans de l'eau maintenue à 80°C, suivie d'une concentration à 60°C jusqu'à l'obtention d'un sirop à 72-75°Brix. Cette technique simple et peu coûteuse a permis l'obtention de rendements non négligeables (53.54 %). La teneur en eau du produit obtenu est égale à 29.8 %, et son pH à 4.77. Il renferme 70.66% de glucides, 1.24% de protéines et 1.45% de matière grasse. Son index glycémique est modéré ($63.37\% \pm 0.84$), et sa charge glycémique est élevée (44.77). Les résultats obtenus montrent que l'addition d'huile d'olive et de spiruline améliore la qualité nutritionnelle de SBDG, puisque sa teneur en lipides et en protéines passe de 1.45 et 1.24 à 4.41 et 3.15 respectivement pour des incorporations de 3%.

L'index glycémique des sirops expérimentaux est abaissé suite aux traitements auxquels a été soumis le SBDG. Ainsi, de $63.37\% \pm 0.84$, l'IG passe à $62.64\% \pm 1.20$; $61.32\% \pm 1.77$; $60.18\% \pm 1.99$; pour SBDG + 1% HO ; SBDG + 2% HO et SBDG + 3% HO respectivement, et à $62.37\% \pm 1.00$; $61.05\% \pm 1.17$ et à $59.87\% \pm 1.60$ pour SBDG + 1% Sp ; SBDG + 2% Sp et SBDG + 3%Sp respectivement.

L'addition de spiruline semble être donc plus efficace que celle de l'huile d'olive dans les proportions équivalentes. Toutefois, selon la majorité des panélistes de dégustation, l'huile d'olive contrairement à la spiruline, n'affecterait pas les qualités, organoleptique et hédonique du SBDG.

Mots clés : sirop, index glycémique, huile d'olive, spiruline, qualité organoleptique et hédonique.

Title: Contribution to the study of the glyceic properties improvements of syrup resulting from soft dates of Ghars variety

Abstract

The dates, fruits of date palm (*Phoenix dactylifera*), constitute a raw material to working out many products with a strong added value. Among the latter, the syrup locally called "Rob" occupies a privileged place within the Saharan population.

The objective of this study primarily aims at improving the glyceic properties of syrup resulting from the dates of "Ghars" variety (SBDG), by incorporations of spiruline and olive oil at a rate of 1, 2 and 3%, likely to lower its glyceic index and thus to improve its dietetic properties. In parallel, an evaluation of the organoleptic and hedonic quality of syrups is determined by tests of tasting.

The SBDG is extracted by diffusion in water maintained with 80°C, followed by a concentration to 60°C until reaching syrup of 72-75°Brix. This simple and inexpensive technique allowed obtaining considerable outputs (53.54 %). The moisture of the obtained product is equal to 29.8 %, and its pH with 4.77. It contains 70.66% of carbohydrate, 1.24% of proteins and 1.45% of crude fat. Its glyceic index is moderate (63.37 % \pm 0.84), and its glyceic load is high (44.77). The obtained results show that the addition of spiruline and olive oil improves nutritional quality of SBDG, since its content of lipids and proteins passes from 1.45 and 1.24 to 4.41 and 3.15 respectively for incorporations of 3%.

The glyceic index of experimental syrups is lowered following the treatments to which the SBDG was subjected. So, from 63.37 % \pm 0.84, the IG passes to 62.64 % \pm 1.20; 61.32 % \pm 1.77; 60.18 % \pm 1.99; for SBDG + 1% HO; SBDG + 2% HO and SBDG + 3% HO respectively, and to 62.37 % \pm 1.00; 61.05 % \pm 1.17 and to 59.87 % \pm 1.60 respectively for SBDG + 1% Sp; SBDG + 2% Sp and SBDG + 3%Sp.

The addition of spiruline, thus, seems more effective than that of the olive oil in the equivalent proportions. However, according to the majority of the degustation panelists, the olive oil contrary to the spiruline, would not affect the qualities, organoleptic and hedonic of the SBDG.

Key words: syrup, glyceic index, olive oil, spiruline, organoleptic and hedonic quality.

(المساهمة في دراسة تحسين الخصائص السكرية للديبس المستخلص من التمور الرخوة)

تشكل التمور، فاكهة النخيل، مادة أولية لإعداد الكثير من المنتجات ذات القيمة الغذائية المضافة، منها دبس التمر المعروف محلياً بـ " " الذي يحتل مكانة مميزة عند سكان الصحراء.

إن الهدف من هذه الدراسة هو تحسين الخصائص السكرية لديبس التمر المستخلص من صنف الغرس، المسمى (SBDG) ذلك بإضافة زيت الزيتون و السبيرولينا، بنسب 2,1 3 % التي يمكن أن تخفض المؤشر السكري لهذا الأخير، و تحسينه الغذائية. تم بالموازاة إجراء تقييم للنوعية الحسية و الذوقية لديبس التمر بواسطة اختبارات التذوق.

(SBDG) 80 م، ثم يتم تركيزه على درجة 60

72 – 75 بريكس. سمحت هذه التقنية البسيطة، و غير المكلفة، بالحصول على مردودية لا يستهان بها.

تتراوح نسبة الرطوبة في المنتج المتحصل عليه بـ 29,8 و تقدر نسبة السكريات فيه بـ 70,66%، و البروتينات بـ 1,24% الدهنيات 1,45% . أما مؤشره السكري فهو معتدل (63.37 ±0.84%)، و تحميلة (44.77). تظهر النتائج المحصل عليها أن إضافة زيت الزيتون و السبيرولينا، تحسن من النوعية الغذائية لـ

(SBDG)، لأن نسبة الدهون و البروتينات ارتفعت فيه من نسبة 1,45 1,24 4,41 3,15 % 3

المؤشر السكري لديبس التمر بعد المعالجات التي خضع لها حيث تراجع من 63.37 ± 0.84 إلى 1.20 ±

SBDG + 2%HO SBDG + 1%HO 1.99 ± 60.18% 1.77 ± 61.32% 62.64%

SBDG + 3%HO 1.00 ± 62.37% 1.17 ± 61.05% 1.60 ± 59.87%

يظهر من خلال هذه السبيرولينا أكثر فعالية من إضافة زيت الزيتون بنسب متساوية. إلا أن، حسب غالبية حكام التذوق، زيت الزيتون بخلاف السبيرولينا لا يؤثر على النوعية الحسية و الذوقية لـ (SBDG) .

المفتاحية : زيت الزيتون السبيرولينا النوعية الحسية و الذوقية

Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau I Cultivars des trois secteurs algériens du palmier dattier	4
Tableau II : Composition biochimique de dattes	6
Tableau III : Composition biochimique du sirop de dattes	11
Tableau IV: Comparaison entre le sirop de dattes et les HFCS	12
Tableau V : Quelques activités biologiques de la Spiruline	23
Tableau VI : Paramètres physico-chimiques des sirops de dattes	38
Tableau VII : Paramètres biochimiques des sirops de dattes	42
Tableau VIII : Caractéristiques cliniques des sujets	43
Tableau IX : Analyse des caractéristiques organoleptiques des sirops	57

Liste des figures

Figures	Page
Fig.1-Procédure expérimentale	28
Fig.2-Illustration du calcul d'une aire sous la courbe (ASC) de la réponse glycémique	32
Fig.3-Evolution de la glycémie après ingestion de l'aliment de référence et SBDG	44
Fig.4- Evolution de la glycémie après ingestion de l'aliment de référence et SBDG + 1%HO	45
Fig.5-Evolution de la glycémie après ingestion de l'aliment de référence et SBDG + 2%HO	45
Fig.6-Evolution de la glycémie après ingestion de l'aliment de référence et SBDG + 3%HO	46
Fig.7-Evolution de la glycémie après ingestion de l'aliment de référence et SBDG + 1% Sp	46
Fig.8-Evolution de la glycémie après ingestion de l'aliment de référence et SBDG + 2% Sp	47
Fig.9-Evolution de la glycémie après ingestion de l'aliment de référence et SBDG + 3% Sp	47
Fig.10-Aires sous la courbe des aliments testés	48
Fig.11-Index glycémique des aliments testés	49
Fig.12- Charge glycémique des aliments testés	54
Fig.13-Qualité hédonique du SBDG	59
Fig.14-Qualité hédonique du SBDG + 1% HO	59
Fig.15-Qualité hédonique du SBDG + 2% HO	59
Fig.16-Qualité hédonique du SBDG + 3% HO	59
Fig.17-Qualité hédonique du SBDG + 1% Sp	60
Fig.18-Qualité hédonique du SBDG + 2% Sp	60
Fig.19-Qualité hédonique du SBDG + 3% Sp	60
Fig.20-Représentation graphique de l'ACP des nuages de points en interrelation représentant les individus et les variables	62
Fig.21-Représentation graphique de l'ACP précisant les attributs définissant la ressemblance entre les sirops	63

Liste des photos

Photo	page
Photo.1-Dattes de variété Ghars	25
Photo.2-Huile d'olive	25
Photo.3-Poudre de spiruline	25
Photo.4-Accu-chek Go	25
Photo.5-Bandelettes réactives d'Accu-chek Go	25
Photo.6-Sirop brut de dattes Ghars (SBDG)	35
Photo.7-Sirops de dattes additionnés de 1, 2 et 3% de l'huile d'olive.	35
Photo.8-Sirops de dattes additionnés de 1, 2 et 3% de spiruline	35

Liste des annexes

Annexe	Page
Annexe 1-Détermination de la teneur en eau	75
Annexe 2-Détermination de la teneur en cendres	75
Annexe 3- Dosage des sucres totaux (Méthode de Bertrand)	76
Annexe 4- Dosage des protéines (Méthode de KJELDAHL)	77
Annexe 5- Dosage des lipides (méthode de Soxhlet)	78
Annexe 6 : Fiche d'information : Evolution de la glycémie postprandiale	79
Annexe 7- Glycémie post prandiale (en g/l) enregistrée durant les 120 min.	80
Annexe 8- Préparation des solutions de base pour les tests en vue de la sélection du jury de dégustation	80
Annexe 9- Fiche d'information : Sélection du jury de dégustation	81
Annexe 10- Profil organoleptique	82
Annexe 11- Test hédonique	83
Annexe 12- Rapport détaillé d'analyse de la variance à un facteur (ANOVA)	84

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ACP	Analyse en Composantes Principales
ASC	Aire Sous la Courbe
a_w	activity of water
°Brix	Degré Brix
CG	Charge Glycémique
FAO/WHO	Food and Agriculture Organization/ World Health Organization
HbA1c	Hémoglobine glyquée
HDL	High Density Lipoproteins
HFCS	High Fructose Corn Syrup
IG	Index Glycémique
IMC	Indice de Masse Corporelle
LDL	Low Density Lipoproteins
POU	Protéines d'Organismes Unicellulaires
SBDG	Sirop Brut de Dattes Ghars
SBDG + 1%HO	Sirop Brut de Dattes Ghars additionné d'1% d'Huile d'Olive
SBDG + 2%HO	Sirop Brut de Dattes Ghars additionné de 2% d'Huile d'Olive
SBDG + 3%HO	Sirop Brut de Dattes Ghars additionné de 3% d'Huile d'Olive
SBDG + 1%Sp	Sirop Brut de Dattes Ghars additionné d'1% de Spiruline
SBDG + 2%Sp	Sirop Brut de Dattes Ghars additionné de 2% de Spiruline
SBDG + 3%Sp	Sirop Brut de Dattes Ghars additionné de 3% de Spiruline
SG 30%	Solution de Glucose 30%
TSS	Taux de Solides Solubles
VLDL	Very Low Density Lipoproteins

Table de matières

Table de matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des annexes	
Liste des abréviations	
Introduction	1
I-Synthèse bibliographique	
1-1-Datte	3
1-1-1-Classification des dattes	3
1-1-2-Production des dattes	3
1-1-3-Composition biochimique	5
1-1-3-1-Sucres	5
1-1-3-2-Rapport sucres/eau	5
1-1-3-3-Eléments minéraux	5
1-1-3-4-Protéines	5
1-1-3-5-Lipides	7
1-1-3-6-Fibres	7
1-1-3-7-Composés phénoliques	7
1-1-3-8-Vitamines	7
1-1-4-Intérêt nutritionnel de dattes	8
1-1-5-Index glycémique des dattes	8
1-1-6-Technologie de dattes	8
1-1-6-1-Pate de dattes	9
1-1-6-2-Farine de dattes	9
1-1-6-3-Vinaigre traditionnel de dattes	9
1-1-6-4-Levures alimentaires	9
1-2-Sirops de dattes	10
1-2-1-Composition biochimique	10
1-2-2-Principaux procédés d'élaboration des sirops de dattes	11
1-2-2-1-Procédé par trempage dans de l'eau à basse température	11
1-2-2-2-Procédé par trempage dans de l'eau à haute température	11
1-2-3-Utilisations de sirops de dattes	11
1-2-4-Comparaison entre les sirops de dattes et les HFCS	12
1-3-Index glycémique	13
1-3-1-Définition	13
1-3-2-Charge glycémique	14
1-3-3-Index insulinique	14
1-3-4-Variations de l'index glycémique	14

1-3-4-1-Nature des glucides constitutifs	14
1-3-4-2-Composition de l'aliment en macronutriments et en acides	14
1-3-4-3-Traitement thermique	15
1-3-4-4-Etat physique	15
1-3-4-5-Maturité des fruits	15
1-3-4-6-Taille des particules	16
1-3-4-7-Structure de l'amidon	16
1-3-5-Effets sur l'organisme	16
1-3-5-1-Index glycémique et satiété	16
1-3-5-2-Index glycémique et obésité	17
1-3-5-3-Index glycémique et diabète	17
1-3-5-4-Autres effets	17
1-4-Huile d'olive	17
1-4-1-Composition biochimique	18
1-4-1-1-Fraction saponifiable	18
1-4-1-2-Fraction insaponifiable	18
1-4-2-Classification des huiles d'olive	18
1-4-2-1-Huiles d'olives vierges	18
1-4-2-1-1-Huile d'olive extra vierge	19
1-4-2-1-2-Huile d'olive vierge	19
1-4-2-1-2-Huile d'olive vierge lampante	19
1-4-2-2-Huiles d'olives raffinés	19
1-4-2-3-Huiles de grignons d'olives	19
1-4-3-Intérêt diététique et nutritionnelle	19
1-4-3-1-Huile d'olive et diabète	19
1-4-3-2-Huile d'olive et cholestérol sanguin	19
1-4-3-3-Huile d'olive et maladies cardiovasculaires	19
1-4-3-4-Huile d'olive et maladies gastro-intestinales	20
1-5-Spiruline	20
1-5-1-Classification systématique	20
1-5-2-Composition biochimique	20
1-5-2-1-Protéines	21
1-5-2-2-Lipides	21
1-5-2-3-Glucides	21
1-5-2-4-Vitamines	21
1-5-2-5-Minéraux	22
1-5-2-6-Pigments	22
1-5-3-Intérêt diététique et nutritionnelle	22
1-5-3-1-Effets hypo-lipidémiques	22
1-5-3-2-Effets antioxydants	22
1-5-3-3-Effets anticancéreux et sur le système immunitaire	23
1-5-3-4-Effets probiotiques	23
1-5-3-5-Effets sur le diabète et l'obésité	23

II-Matériel et méthodes

2-1-Matériel	24
2-1-1-Variété de dattes	24
2-1-2-Source de protéines	24
2-1-3-Source de lipides	26
2-1-4-Cohorte humaine	26
2-1-5-Aliment de référence	26
2-1-6-Lecteur de glycémie	26
2-1-7-Jury de dégustation	26
2-2-Méthodes d'analyse	26
2-2-1-Prélèvement des échantillons	26
2-2-2-Etapes d'élaboration du sirop de dattes	27
2-2-2-1-Prétraitement des dattes	27
2-2-2-2-Procédé d'extraction du sirop de dattes	27
2-2-2-3-Filtration	27
2-2-2-4-Condensation ou concentration	29
2-2-3-Caractérisation physico-chimique de sirops de dattes	29
2-2-3-1-Teneur en eau	29
2-2-3-2-Teneur en cendres	29
2-2-3-3-PH	29
2-2-3-4-Taux de solides solubles (TSS ou °Brix)	29
2-2-4-Caractérisation biochimique de sirops de dattes	30
2-2-4-1-Dosage des sucres totaux	30
2-2-4-2-Dosage des protéines	30
2-2-4-3-Dosage des lipides	30
2-2-5-Recrutement des volontaires pour la détermination de l'index glycémique	30
2-2-6-Mesure de l'index glycémique	31
2-2-6-1-Calcul de l'index glycémique	31
2-2-6-2-Analyse statistique	32
2-2-7-Calcul de la charge glycémique	33
2-2-8-Analyse sensorielle	33
2-2-8-1-Tests de sélection de jury	33
2-2-8-2-Salle de dégustation	34
2-2-8-3-Produits	34
2-2-8-4-Profil sensoriel	34
2-2-8-5-Qualité hédonique	34
2-2-8-6-Analyse statistique	36

III-Résultats et discussion

3-1-Rendement d'extraction	37
3-2-Caractérisation physico-chimique	37
3-2-1-Teneur en eau	38
3-2-2-Taux de matière sèche	39
3-2-3-Teneur en cendres	39
3-2-4-pH	39

3-2-5-Taux de solides solubles (TSS ou °Brix)	40
3-3-Characterisation biochimique	40
3-3-1-Taux de sucres totaux	40
3-3-2-Taux de protéines	41
3-3-3-Teneur en lipides	42
3-4-Index glycémique des sirops de dattes	43
3-4-1-Sélection des sujets	43
3-4-2-Evolution de la glycémie après ingestion des sirops de dattes (réponse postprandiale)	44
3-4-2-1-Evolution de la glycémie après ingestion de SBDG	44
3-4-2-2-Evolution de la glycémie après ingestion des SBDG additionnés d'huile d'olive	44
3-4-2-3-Evolution de la glycémie après ingestion des SBDG additionnés de spiruline	46
3-4-3-Aire sous la courbe des aliments testés (ASC)	48
3-4-4-Index glycémique des aliments testés	49
3-4-4-1-Index glycémique du SBDG	49
3-4-4-2-Index glycémique des SBDG additionnés d'huile d'olive	50
3-4-4-3-Index glycémique des SBDG additionnés de spiruline	51
3-4-4-4-Comparaison entre l'IG des sirops	53
3-5-Charge glycémique des sirops de dattes	53
3-6-Analyse sensorielle	55
3-6-1-Qualité organoleptique	55
3-6-1-1-Critère couleur	55
3-6-1-2-Critère odeur	56
3-6-1-3-Critère saveur	56
3-6-2-Qualité hédonique	58
Conclusion	64
Référence bibliographiques	66
Annexes	75

Introduction

Introduction

La culture de palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) présente une grande importance écologique et socio-économique dans les régions sahariennes.

Les dattes constituent une source énergétique appréciable par leur richesse en glucides. Elles représentent aussi une source appréciable de minéraux, de vitamines et de fibres (AL-SHAHIB et MARSHALL, 2003 ; AL FARCI et LEE, 2008 ; BALIGA *et al.*, 2011 ; AL-ORF, 2012 ; ANJUM *et al.*, 2012).

L'Algérie dispose d'un potentiel phoenicicole important, avec une diversité génétique extraordinaire (plus de 900 cultivars) (HANACHI et KHITRI, 1998).

La variété Deglet Nour fait l'objet d'une activité commerciale importante, tandis que les autres variétés dites communes souvent de faible valeur marchande, sont marginalisées et peu valorisées. La variété de Ghars en fait partie (SIBOUKEUR, 1997), (BENCHABANE *et al.*, 2012). Très appréciée localement, elle n'offre pas de garantie de conservation. Elle ne peut être acheminée dans le reste du pays qu'après avoir subi une transformation consistant en son tassement dans des sacs en toile (Batna) (SIBOUKEUR, 1997).

Pour mieux valoriser cette variété, il est nécessaire de recourir à sa transformation technologique. Parmi les produits issus des dattes de cette variété, le sirop (Dibs ou Roub) occupe une place importante.

Ce produit est très prisé par les populations des pays du Golf, et rentre dans leurs habitudes alimentaires. Il est utilisé comme ingrédient dans les boissons, les crèmes glacées, dans les confiseries et les produits de boulangerie pour améliorer la qualité nutritive et sensorielle de ces produits (HABIBI-NAJAFI et ALAEI, 2006 ; GANBI, 2012 ; EL-SHARNOUBY *et al.*, 2014 ; RAIESI ARDALI *et al.*, 2014).

Les études de MIMOUNI et SIBOUKEUR (2011) sur les sirops de dattes variété Ghars montrent que ceux-ci présentent une valeur nutritive et diététique qui semble plus intéressantes que celles des sirops à haute teneur en fructose (HFCS) destinés aux obèses et aux diabétiques. En plus, leur production s'effectuent par des techniques simples et peu coûteuses, par rapport à celles utilisées pour la production des HFCS.

Parallèlement, les études de MIMOUNI (2015) montrent que le sirop de dattes de variété Ghars présente un index glycémique modéré.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui vise principalement l'amélioration des propriétés glycémiantes du sirop brut de dattes Ghars par l'incorporation d'une source lipidique et d'une source protéique, susceptibles chacune de provoquer une baisse de son index glycémique et donc d'améliorer ses propriétés diététiques.

La présente étude s'articule autour des quatre points suivants :

- élaboration du sirop de dattes issu de variété Ghars par la méthode de diffusion ;
- étude de l'effet de l'incorporation d'une source lipidique sur la qualité diététique du sirop brute ;
- étude de l'effet de l'incorporation d'une source protéique sur la qualité diététique du sirop brute;
- détermination de profil organoleptique des produits expérimentaux et évaluation de leur qualité hédonique.

*I-Synthèse
bibliographique*

1-1-Datte

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie à une seule graine. Elle comporte une enveloppe fine cellulosique (l'épicarpe), une pulpe plus ou moins charnue (le mésocarpe) et un noyau recouvert d'une fine membrane (l'endocarpe).

De forme en générale allongée, ovoïde, ou arrondie, sa longueur varie selon le cultivar de 2 à 8 cm de long et son poids fluctue entre 2 et 20 g.

Sa couleur varie entre le blanc jaunâtre, le brun ambré et le brun très foncé, selon le cultivar considéré.

Elle peut être de consistance dure, demi-molle ou molle (**MUNIER, 1973 ; DJERBI, 1994**).

1-1-1-Classification des dattes

Les dattes sont classées en trois catégories:

-dattes molles : qui se caractérisent par une teneur élevée en eau (> 30%), et en sucres invertis, comme les dattes de variétés de Ghars (Algérie), Tinterguel (Mauritanie);

-dattes demi-molles : qui se caractérisent par une teneur en eau moyenne (entre 20% et 30%), et un taux équivalent en sucres invertis et en saccharose, comme les dattes de variétés de Deglet-Nour (Algérie, Tunisie), Mejhoul (Maroc);

-dattes sèches: qui se caractérisent par une humidité faible (< 20%), et une teneur élevée en saccharose, comme les dattes de variétés de Degla-B ida, Mech Degla (Algérie), Amesri (Mauritanie) (**MUNIER, 1973 ; AHMED *et al.*, 1979 ; ESPIARD, 2002**).

1-1-2-Production des dattes

La production annuelle de dattes est en augmentation ces dernières années. Les principaux pays producteurs sont l'Egypte (1.352.950 tonnes), l'Arabie Saoudite (1.078.300 tonnes), l'Iran (1.023.130 tonnes), les Emirats Arabes Unies (775.000 tonnes) et l'Algérie (710.000 tonnes) (**CHANDRASEKARAN et BAHKALI, 2013**).

L'Algérie occupe une place importante parmi les pays producteurs de dattes dans le monde avec plus de 17 millions de palmiers et plus de 900 cultivars. Elle se classe au sixième rang mondial en termes de production, et au premier rang en termes de qualité grâce à la variété Deglet Nour (**BOUGUEDOURA *et al.*, 2008 ; BENZIOUCHE et CHERIET, 2012**).

Le tableau I présente les principaux cultivars de dattes algériennes identifiés.

Tableau I : Cultivars des trois secteurs algériens du palmier dattier (BOUGUEDOURA *et al.*, 2015).

Secteur	Région	Endroit	Nombre des cultivars identifiés / rapportés	Noms des cultivars identifiés
Est	Zibans	Biskra, Tolga	9 /140	Arechti, Degla Beida, Deglet Noor, Ghars, Ghazi, Mech Degla, Tantboucht, Tinicine, Zoggar, Moggar
	Oued Souf	El Oued , El Meghaier, Djamaa	37/70	Arechti, Degla Beida, Deglet Noor, Ghars, Ghazi, Mech Degla, Tantboucht, Tinicine, Zoggar , Moggar, Halimi-Halwa (Halwaya), Kesba, Khodri, Loulou, Masri-okrya, Tachelilt, Tacherwint, Tachlikt, Takermust, Takhedrayt, Tantbucht, Taoudent, Tarmount, Zaghraya, Zehdi, Deglet Noor, Ghars, Takermoust, Tanslit
	Oued Righ	El Arfiane, Ouargla, Touggourt	22/200	Aliyane, Beidh H'mam, Bentqbal, Bouldjib, Degla Beida, Deglet G'rara, Deglet Mechta, Dguel El Hadj, El Caber, El Kid, Ghars, Halwa, Hamraya, Tafezwin, Takermoust, Tantboucht, Tanslit, Taoudanet, Tawragha, Tazegakht, Tinicine
	Les Aurès	Khenchela	3/220	Buzrur, Alig, Buhles, Mech Degla, Tanghimen, Tabanist, Khadaji
	Tassili	Batna	3/180	
Centre	M'zab	Ghardaïa, Berriane, Guerrara, Zelfana	26/140	Tamezouaret, Tanaguarout, Tanetboucht, Tawragha, Tazerzayt, Tazizawt, Timdjouhart, Timedwel, Tinnaser, Tissibi, Adham Bent Q'bala, Ajujil, Baydir, Bent Q'bala, Bouarous, Chikh, Degla Beida, Deglet Noor, Gachouch, Ghars, Naser Ou Salah, Oucht, Sab'a Bedraa, Taddela (El Dala), Tademamt, Tafezwin, Taqerbucht (Akerbouch)
Ouest	Touat	Adrar, Timimoun	8/190	Bamekhlouf, Feggus, Hmira, Ouarglia, Taqerbucht, Takerbucht Beida, Takerbucht Hamra, Taqerbucht Safra
	Saoura	Bechar, Béni Abbes	14/80	Adham Boula, Adham Tirnou, Adhamet El Rob, Cherka, Deglet Talmine, Feggus, Hmira, Hartan, Kenta, Khomira, M'charet, Taqerbucht, Timliha, Tinnaser
	Tidikelt		4/60	Tgazza, Taqerbucht, Cheddakh, Agaz

1-1-3-Composition biochimique

1-1-3-1-Sucres

Les sucres sont les constituants majeurs de la chair de datte. Les sucres réducteurs représentés principalement par le glucose et le fructose, et le saccharose (non réducteur) sont majoritaires. De très faibles quantités d'arabinose, de xylose et de galactose ont été rapportées par la littérature (MUNIER, 1973 ; SIBOUKEUR, 1997 ; AL ORF, 2012).

L'augmentation de la concentration des sucres est liée à la diminution de la teneur en eau qui augmente à mesure que le fruit mûrit. (Al- SHAHIB et MARSHALL, 2003 ; AL-ORF, 2012).

1-1-3-2-Rapport sucres / eau

Les sucres et l'eau constituent les éléments qui déterminent la consistance de la datte (DJERBI, 1994). La proportion des sucres par rapport à la teneur en eau conditionne sa stabilité. Une datte trop humide se conserve mal du fait de la fermentation de ses sucres (MUNIER, 1973). En revanche une datte dont la teneur en eau est faible ne pose pas de problème de conservation.

1-1-3-3-Eléments minéraux

Les dattes peuvent être considérées comme les fruits les plus riches en éléments minéraux (MUNIER, 1973).

Le pulpe de datte est riche en calcium, en fer, en cuivre, en cobalt, en magnésium, en fluor, en manganèse, en phosphore, en potassium, en cuivre, en sodium, en bore, en soufre, en zinc et en sélénium (Al- SHAHIB et MARSHALL, 2003 ; ANJUM *et al.*, 2012) (Tableau II).

Les études d'Al-SHAHIB et MARSHALL (2003) montrent que les pourcentages de potassium, de phosphore et de fer dans les dattes sont beaucoup plus élevés que dans d'autres types de fruits. Selon, les mêmes auteurs, la teneur en ces trois minéraux dans les dattes est trois à cinq fois supérieure à celles dans les raisins, les pommes, les oranges et les bananes.

1-1-3-4-Protéines

Bien que les dattes aient une faible teneur en protéines (1.1-2.6%) (Tableau II). Ces dernières sont qualitativement bien équilibrées (Tableau II). En plus, ce fruit renferme des quantités en protéines plus élevées comparativement à d'autres fruits tels que les pommes, les oranges, les bananes, et les raisins (Al- SHAHIB et MARSHALL, 2003).

Toutefois, cette teneur diminue avec la maturation du fruit (AL-ORF, 2012).

Le tableau II indique la composition biochimique globale des dattes selon une compilation des résultats rapportés par AL FARCI et LEE, 2008

Tableau II : Composition biochimique de dattes (BALIGA *et al.*, 2011).

Composition	Minimum	Maximum
Teneur en eau (g/100 g)	7.2	50.4
Lipids (g/100 g)	0.1	1.4
Cendres (g/100 g)	1.0	1.9
Protéines (g/100 g)	1.1	2.6
Acides aminés (mg/100 g de protéines)		
Alanine	30	133
Arginine	34	148
Acide aspartique	59	309
Cystéine	13	67
Acide glutamique	100	382
Glycine	42	268
Histidine	0.1	46
Isoleucine	4	55
Leucine	41	242
Lysine	42	154
Méthionine	4	62
Phénylalanine	25	67
Proline	36	148
Sérine	29	128
Thréonine	23	95
Tryptophane	7	92
Tyrosine	15	156
Hydrates de carbone (g/100 g)		
Fructose	13.6	36.8
Glucose	17.6	41.4
Saccharose	0.5	33.9
Fibres (g/100 g)		
Solubles	0.4	1.3
Insolubles	3.03	7.4
Total	3.57	10.9
Minéraux (mg/100 g)		
Magnésium	31.0	150
Na	1.00	261
Ca	5.00	206
P	35.0	74
K	345.0	1287
Manganèse	0.01	0.4
Fe	0.10	1.5
Zn	0.02	0.6
Cu	0.01	0.8
Se	0.24	0.4
Vitamines (µg/100 g)		
A (Rétinol)	3.0	44.7
B1 (thiamine)	50	120
B2 (riboflavine)	60	160
B3 (niacine)	1274	1610
B6 (pyridoxal)	165	249
B9 (foliques)	39	65
C (acide ascorbique)	400	16.000
- caroténoïdes	3.0	3.0
- caroténoïdes	2.5	146

1-1-3-5-Lipides

Les dattes se caractérisent par une faible teneur en matière grasse (0.1-1.4 g/100g) qui diminue avec la maturation du fruit (**AL-ORF, 2012**) (Tableau II).

Les acides gras composant les lipides contenus dans les dattes sont représentés par l'acide oléique, l'acide linoléique, l'acide laurique, l'acide palmitique, l'acide myristique et l'acide stéarique (**AI-SHAHIB et MARSHALL, 2003**).

1-1-3-6-Fibres

La teneur des dattes en fibres oscille entre 3.57 et 10.9 (Tableau II). Ces macromolécules constituent la partie insoluble de la pulpe de datte. Elles sont principalement composées de cellulose, d'hémicellulose, de lignine, et de pectines.

Au cours du processus de maturation, les cellulases et les pectinases présentes dans le fruit décomposent les polymères insolubles en petites molécules solubles, ce qui diminue la teneur en fibres (**SHAFIEI, 2010**).

1-1-3-7-Composés phénoliques

Les études de **MANSOURI et al.** (2005) sur sept variétés de dattes algériennes mures (Akerbouche, Deglet-Nour, Ougherouss, Tantbouchte, Tafiziouine et Tazerzait) a révélé une teneur en polyphénols variant de 2.49 à 8.36 mg/100g du poids frais. Les principaux composés phénoliques, selon la même étude, sont les acides cinnamiques, les acides féruliques et coumariques. L'étude a montré également la présence de certains flavonoïdes, principalement glycosides de flavone, glycosides de flavanone et glycosides de flavonol.

Toutefois, des études de **TELLI et al.** (2010) sur les dattes de variété Ghars montrent que leur teneur en polyphénols diminue au fur et à mesure qu'elles mûriessent. Ces études ont révélé une teneur en polyphénols totaux compris entre 892,14 mg en équivalent d'acide gallique (EAG)/10g au stade Kimri I, et 4,22 mg EAG/10g du poids sec au stade Tmar.

1-1-3-8-Vitamines

Les dattes contiennent plus de six vitamines (Tableau II). En général, elles renferment des caroténoïdes, de la vitamine B₁ (thiamine), de la vitamine B₂ (riboflavine), de la vitamine PP (acide nicotinique) en quantités appréciables, mais de faible teneur en vitamine C (acide ascorbique) (**MUNIER, 1973 ; DJERBI, 1994**) (Tableau II).

1-1-4-Intérêt nutritionnel des dattes

Leurs principales caractéristiques nutritionnelles peuvent être résumées dans ce qui suit :

- ✚ elles constituent une source énergétique appréciable (**SIBOUKEUR, 1997**). La consommation de 100 g de dattes fournit entre 213 et 314 kilocalories (**AL-ORF, 2012**). Elles constituent donc un aliment de choix pour les sportifs, et pour l'effort physique (**BENCHELAH et MAKKA, 2006**).
- ✚ elles représentent une bonne source d'éléments minéraux avec des concentrations proches du besoin nutritionnel moyen en minéraux chez l'Homme (**Al- SHAHIB et MARSHALL, 2003**). Les minéraux sont des constituants importants de l'hémoglobine, des os, des dents, des muscles, et des nerfs (**AL-ORF, 2012**).
- ✚ elles permettent de renforcer efficacement l'apport en fibres. Les dattes sèches constituent une source de fibres meilleures que celles des raisins secs et des abricots secs et des pruneaux (**AL-FARCI et LEE, 2008**). La consommation des fibres permet prévenir le cancer du colon, les maladies cardiovasculaires, le diabète, et d'autres maladies (**Al-SHAHIB et MARSHALL, 2003**).
- ✚ selon, les études de MANSOURI *et al.* (2005) et ANJUM *et al.* (2012), les dattes sont riches en antioxydants comme les caroténoïdes, les stérols, les anthocyanines, et les flavonoïdes. Les antioxydants jouent un rôle important dans la prévention du cancer, des inflammations, du diabète et des maladies cardiovasculaires (**AL ORF, 2012**).

1-1-5-Index glycémique des dattes

Plusieurs auteurs évoquent que les dattes présentent un index glycémique élevé (**FOSTER-POWELL *et al.*, 2002 ; GLASSMAN, 2002 et MILLER JONES, 2010**). Toutefois, des études de MILLER *et al.* (2003) sur la variété de khalas, de ALKAABI *et al.* (2011) sur cinq cultivars de dattes (Fara'd, Lulu, Bo-ma'an, Dabbas and Khalas), et celles de MIMOUNI (2015) sur quatre cultivars (Ghars, Deglet Nour, Addela et Degla Beida) montrent que les dattes présentent un index glycémique plus ou moins bas (55 et 35). Ces valeurs seraient dues, selon les mêmes auteurs, à la présence de fructose et de fibres dans les dattes.

1-1-6-Technologie de dattes

La technologie de la datte recouvre toutes les opérations qui permettent de préserver la qualité du fruit et de le transformer en divers produits destinés à la consommation humaine ou animale et à l'industrie (**ESTANOVE, 1990**).

Parmi les produits issus de la transformation des dattes, la pâte de dattes, la farine de dattes, le vinaigre et en l'occurrence le sirop de dattes est les plus cités par la littérature.

1-1-6-1-Pâte de dattes

La pâte de dattes peut être confectionnée avec des dattes molles ou demi-molles (MUNIER, 1973) par tassement. Elle est utilisée dans nombreuses formulations en confiserie, et en pâtisserie (MUNIER, 1973 ; CHANDRASEKARAN et BAHKALI, 2013).

C'est une source appréciable de sucres invertis et de minéraux (SIDDIQ et GREIBY, 2013).

1-1-6-2-Farine de dattes

La farine de datte est obtenue par broyage de dattes sèches dont la teneur en eau est ramenée environ 7 %. Elle est utilisée dans de nombreux ménages sahariens dans certaines préparations spécifiques. Elle est utilisée en panification, en biscuiterie et en pâtisserie (MUNIER, 1973 ; SIBOUKEUR et LAKHDARI, 1998).

1-1-6-3-Vinaigre de dattes

Il est obtenu par une fermentation alcoolique (*Saccharomyces cerevisiae*) et une fermentation acétique (Acétobacters) qui se déroulent simultanément. Les dattes de faible valeur marchande sont utilisées à cet effet (OULD EL HADJ *et al.*, 2001). Ces dernières riches en sucres fermentescibles sont naturellement chargées en *Saccharomyces cerevisiae* et en ferments acétiques (flore indigène). A l'obscurité et en présence d'une faible tension en oxygène; du vinaigre titrant environ 4° acétique est obtenu après 40 jours (OULD EL HADJ *et al.*, 2001). Ce bioproduit à « forte valeur ajoutée » présente des caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques très intéressantes (OULD EL HADJ *et al.*, 2001).

1-1-6-4-Levures

Le moût de dattes constitue un milieu de choix pour la synthèse des levures alimentaires (Protéines d'Organismes Unicellulaires : POU) (MUNIER, 1973).

En effet, les dattes sont riches en sucres qui peuvent être utilisés comme source carbonée de fermentation pour la production de biomasse levurière (ACOURENE et TAMA, 2001).

Parmi tous les produits issus de la technologie de la datte, le sirop représente le produit le plus intéressant (AL-HOOTI *et al.*, 2002 ; HABIBI-NAJAFI et ALAEI, 2006 ; GANBI,

2012). Ce produit très prisé par les populations des pays du Golf rentre dans leur habitude alimentaire.

Dans ce contexte, signalons que la production du sirop de dattes appelé « Dibs » en Arabie Saoudite a été estimée à 1200 tonnes en 2008, ce qui reflète son importance économique (ALANAZI, 2010).

1-2-Sirops de dattes

Le sirop de dattes est de couleur brun foncé. Il est extrait à partir de dattes mûres (ALANAZI, 2010), et se caractérise par le goût de ces dernières (MARZ, 2013).

C'est un édulcorant naturel employé dans la formulation de nombreux produits alimentaires afin d'améliorer leurs propriétés nutritives (MUNIER, 1973 ; RAIESI ARDALI *et al.*, 2014).

Ce produit à forte valeur ajoutée devrait être fabriqué à partir de dattes de faible qualité marchande.

La présence du fructose en quantité importante dans les dattes molles est en grande partie responsable de l'aspect mielleux de leurs sirops (SIDDIQ et GREIBY, 2013).

Ces derniers présentent à l'état brut, une composition comparable à celles des sirops issus de l'industrie de l'amidon : les isoméroses appelés aussi isoglucose ou encore sirops de maïs à haute teneur en fructose (HFCS). Ces derniers sont relativement riches en fructose. Ils sont produits à partir de l'amidon après hydrolyse et isomérisation partielle plus ou moins poussée du glucose en fructose par le glucose isomérase. Les dattes molles peuvent être utilisées comme matière première pour la production de sirops dont la composition est similaire à celle des HFCS (CHANDRASEKARAN et BAHKALI, 2013 ; ANONYME, 2014 ; MIMOUNI, 2015).

1-2-1-Composition biochimique

Le sirop de dattes est constitué principalement de sucres réducteurs (glucose et fructose) (Tableau III). Il est riche en minéraux comme le calcium, le phosphore, le potassium et le magnésium (AL-HOOTI *et al.*, 2002 ; AL-EID, 2007 ; EL-SHARNOUBY *et al.*, 2014 ; RAIESI ARDALI *et al.*, 2014).

Le sirop de dattes renferme aussi de faibles quantités de protéines et de lipides ainsi que de fibres solubles (Tableau III).

Tableau III : Composition biochimique du sirop de dattes (MIMOUNI, 2015).

Composition en %	AL-EID (2006)	AL-KHATEEB (2008)	MIMOUNI et SIBOUKEUR (2011)
Teneur en eau	13.5	16	13.7
Solides solubles	86.5	84	86.3
Sucres totaux	81	79.45	80.73
Sucres réducteurs	80	74.83	79.96
Saccharose	1	4.87	0.77
Protéines	2.2	0.83	1.15
Pectines	1.8	1.46	3.86

1-2-2-Principaux procédés d'élaboration des sirops de dattes

1-2-2-1-Procédé par trempage dans de l'eau, à basse température

Les dattes, dans cette méthode, sont trempées dans de l'eau tiède pendant plusieurs heures, puis le mélange est filtré et chauffé sur un feu doux pour faire concentrer le jus (EL-OGAIDI, 2000 ; EL-SHARNOUBY *et al.*, 2014).

1-2-2-2-Procédé par trempage dans de l'eau, à haute température

Dans cette méthode, les dattes sont mélangées à une quantité appropriée de l'eau et sont chauffés à 90 C°. Cette méthode permet une extraction plus poussée (EL-OGAIDI, 2000 ; EL-SHARNOUBY *et al.*, 2014).

1-2-3-Utilisation des sirops de dattes

Le sirop de dattes peut être utilisé pour masquer le goût et les odeurs indésirables dans les médicaments particulièrement ceux destinés aux enfants (ALANAZI, 2010).

Il peut être utilisé aussi comme milieu de culture à cause de sa richesse en sucres et en sels minéraux, ce qui permet de minimiser le coût de production des microorganismes à intérêt industriel (JEMNI *et al.*, 2010).

Toutefois, la principale utilisation de sirop de dattes reste son incorporation dans les boissons, les crèmes glacées, les confiseries et les produits de boulangerie, comme succédané du sucre au même titre que les HFCS (sirops de maïs à haute teneur en fructose) (TUFAIL *et al.*, 2002 ; HABIBI-NAJAFI et ALAEI, 2006 ; EL-SHARNOUBY *et al.*, 2009 ; GANBI, 2012 ; RAIESI ARDALI *et al.*, 2014).

1-2-4-Comparaison entre les sirops de dattes et les HFCS

L'HFCS ou isoglucose est un sucre liquide utilisé dans la fabrication de divers produits alimentaires. Il est composé principalement de glucose et de fructose en proportion variable. C'est un édulcorant alternatif au saccharose (**PARKER *et al.*, 2010; ANONYME, 2014**).

Les HFCS sont obtenus à partir d'amidon de blé ou de maïs, par un procédé d'hydrolyse, qui libère les molécules de glucose. Certaines de ces molécules de glucose sont ensuite transformées en fructose par un processus d'isomérisation (**ANONYME, 2014**).

Le sirop de dattes est un produit compétitif au HFCS (**MIMOUNI, 2009 ; MARZ, 2013**) (Tableau IV).

Tableau IV: Comparaison entre le sirop de dattes et HFCS (ALANAZI, 2010 ; MIMOUNI et SIBOUKEUR, 2011 ; MARZ, 2013).

Sirop de dattes	HFCS
Matière première (dattes) disponible en l'état	Matière première (amidon) nécessite une extraction à partir de graines amylacées
Procédé de fabrication simple et économique	Procédé de fabrication complexe et coûteux (utilisation d'enzymes)
Riches en minéraux	Traces de minéraux
Présence des quantités faibles en protéines, lipides et fibres	Traces de macronutriments autres que les glucides

Le tableau montre l'intérêt nutritionnel et économique du sirop de dattes par rapport aux HFCS.

Parallèlement, de nombreuses études rapportent l'existence d'une relation entre l'augmentation de la consommation des HFCS et l'augmentation de l'obésité, du diabète, et d'autres syndromes métaboliques et des maladies cardiovasculaires (**PARKER *et al.*, 2010**).

En plus, les HFCS sont riches en fructose dont la consommation excessive conduit à un syndrome métabolique avec une hypertension, une hyper-triglycéridémie et une intolérance au glucose.

Ces effets n'ont pas été observés dans les sources naturelles de fructose comme le miel et les fruits (**LECERF, 2009**), où ce cétohexose est associé à une grande diversité de micronutriments qui change entièrement son impact sur la santé (**REMESY, 2008**). Ceci semble être le cas des sirops de dattes.

Le sirop de dattes est par conséquent un produit diététique de haute valeur nutritive. Il présente un index glycémique modéré, et semble intéressant pour les obèses et les diabétiques (MIMOUNI, 2015).

1-3-Index glycémique

Depuis longtemps, les glucides sont classés en fonction de la taille des chaînes glucidiques, de leur rapidité de digestion en deux catégories:

-glucides complexes ou sucres lents;

-glucides simples ou sucres rapides (ANCELLIN et SAUL, 2004 ; FERLAND et POIRIER, 2006 ; THIBAUT, 2010).

C'est en 1913 que JACOBSEN montrait que chez le sujet sain, la glycémie s'élevait de façon identique après un repas riche en amidon comportant pain et pommes de terre ou après un repas riche en glucides simples (ANCELLIN et SAUL, 2004 ; THIBAUT, 2010).

En 1981, David JENKINS employa pour la première fois le terme d'index glycémique. JENKINS et son équipe suggèrent qu'il fallait mieux considérer l'impact des glucides sur la glycémie que la quantité et la taille des glucides consommés (FERLAND et POIRIER, 2006 ; THIBAUT, 2010).

1-3-1-Définition

L'index glycémique (IG) est un indicateur qualitatif de la capacité des glucides contenus dans les aliments à augmenter la glycémie, indépendamment de la quantité d'aliments consommés (WOLEVER, 2008).

Il mesure donc le pouvoir hyperglycémiant (la capacité à libérer une certaine quantité de glucose après la digestion) d'un aliment glucidique par rapport à un standard de référence (BASDEVANT *et al.*, 2001).

Il existe deux aliments de référence (100 %) :

-le glucose (pour les pays européens);

-le pain blanc (pour les Etats-Unis) (THIBAUT, 2010).

Le pain blanc est un pain à base de farine de blé de laquelle a été retiré le son et les germes, ce qui lui donne cette couleur bien blanche.

Il est indispensable que les valeurs d'IG soient associées à une mention précisant la nature de l'aliment de référence (glucose ou pain blanc), car elle a un impact fort sur le résultat.

De même, le repas de la veille au soir, et l'apport glucidique des jours précédents auront une influence sur l'IG de l'aliment testé (ANCELLIN et SAUL, 2004 ; DAVID, 2011).

Ce qui explique les variations entre les différentes études et donc les résultats multiples pour un même aliment (DAVID, 2011).

1-3-2-Charge glycémique

La charge glycémique (CG) est un indice quantitatif qui renseigne sur la quantité de glucides ingérée (WOLEVER, 2008 ; DAVID, 2011).

Elle correspond au produit de l'index glycémique de l'aliment par la teneur en glucides de ceci (FERLAND et POIRIER, 2006 ; DAVID, 2011).

1-3-3-Index insulinique

Le concept d'index insulinique fut proposé par HOLT *et al.* (1997). Il se définit comme le rapport entre l'aire sous la courbe de la réponse insulinique, après deux heures, suite à un apport de 1000 KJ de l'aliment testé, et l'aire sous la courbe de la réponse insulinique au même apport calorique de l'aliment de référence (THIBAUT, 2010).

D'une façon générale, les courbes d'index glycémique et d'index insulinique sont corrélées (ANCELLIN et SAUL, 2004; THIBAUT, 2010); puisque chaque aliment étudié possède un index glycémique qui va entraîner une réponse insulinique d'autant plus élevée que l'index glycémique est fort (AMOUYAL et ANDREELLI, 2010).

1-3-4-Variations de l'index glycémique

De nombreux paramètres font varier l'index glycémique:

1-3-4-1-Nature des glucides constitutifs

L'IG d'un aliment glucidique est en fonction de la nature des sucres constitutifs. Le glucose a un IG très élevé puisque il est immédiatement absorbé, c'est le glucide de référence. Le fructose a un IG d'environ 20. Par conséquent, l'IG du saccharose (composé de glucose et de fructose en proportions égales) est la moyenne des valeurs de l'IG pour le glucose et le fructose (environ 60) (ANCELLIN et SAUL, 2004 ; WOLEVER, 2008 ; THIBAUT, 2010).

1-3-4-2-Composition de l'aliment en macronutriments et en acides

L'index glycémique d'un aliment dépend la présence d'autres nutriments tels que les lipides, les protéines et les fibres qui tendent à l'abaisser (TRABELSI, 2007 ; DAVID, 2011).

1-3-4-2-1-Protéines

Le contenu naturel en protéines favorise une moindre hydrolyse (digestion) des glucides et en conséquence une diminution de l'index glycémique. Par exemple, dans les céréales, le gluten forme une véritable barrière pour les enzymes digestives susceptibles de dégrader l'amidon, ce qui limite d'autant l'absorption de glucose (ANCELLIN et SAUL, 2004 ; TRABELSI, 2007).

1-3-4-2-2-Fibres

La présence de fibres dans un aliment natif permet de créer un réseau autour de glucides, retardant ainsi son hydrolyse, donc abaisse l'IG de l'aliment, mais cette caractéristique est perdue dans les produits raffinés (THIBAUT, 2010).

De plus, Les fibres solubles rendent le contenu de l'intestin plus visqueux, ce qui ralentit l'interaction des enzymes avec les glucides, et permet de diminuer la réponse glycémique et insulémique postprandiale (KWAN, 2005 ; BASDEVANT *et al.*, 2001).

1-3-4-2-3-Lipides

Les graisses ralentissent la vidange gastrique, ce qui réduit par conséquence l'index glycémique de l'aliment (KWAN, 2005 ; AMOUYAL et ANDREELLI, 2010).

1-3-4-2-4-Acides organiques

Les acides aussi ralentissent la vidange gastrique, ce qui réduit la vitesse de la digestion (KWAN, 2005). Par exemple dans la fabrication du pain, l'ajout de vinaigre ou d'autres acides organiques sous forme d'acide ou de sel diminue son IG (ANCELLIN et SAUL, 2004).

1-3-4-3-Traitement thermique

Le traitement thermique favorise l'hydrolyse des glucides, ce qui augmente ainsi l'index glycémique d'aliment (DAVID, 2011).

1-3-4-4-Etat physique

L'état physique d'un aliment influence son digestion et son absorption, et donc son IG. Un aliment sous forme liquide, plus rapidement digéré et absorbé, possède un index glycémique plus élevé que le même aliment solide (DAVID, 2011). Ainsi, l'IG des jus de fruits est supérieur à l'IG du fruit entier, et l'IG des liquides sucrés est supérieur à l'IG des solides sucrés (ANCELLIN et SAUL, 2004 ; TRABELSI, 2007).

1-3-4-5-Maturité des fruits

La maturité des fruits et des légumes augmente l'IG. La maturation s'accompagne avec l'hydrolyse progressive des glucides en sucres simples (saccharose, glucose et fructose), ce qui explique le goût plus sucré des fruits mûrs par rapport aux fruits immatures (**FERLAND et POIRIER, 2006 ; TRABELSI, 2007 ; THIBAUT, 2010 ; DAVID, 2011**).

1-3-4-6-Taille des particules

Plus les particules sont petites, plus il est facile aux enzymes à les pénétrer, et augmente en effet l'IG (**KWAN, 2005**).

1-3-4-7-Structure de l'amidon

L'IG de l'aliment dépend l'état physique de l'amidon ainsi que la proportion en amylose et en amylopectine (**THIBAUT, 2010**). Plus l'amidon est riche en amylopectine, plus la gélatinisation de l'amidon est augmenté et son hydrolyse par les α amylases est facilitée, ce qui augmente donc son IG (**BASDEVANT *et al.*, 2001 ; THIBAUT, 2010**).

Plus l'amidon est riche en amylose, plus sa rétrogradation est augmentée (**BAUER *et al.*, 2010**). La rétrogradation abaisse l'IG d'amidon puisque rend leur hydrolyse plus difficile (**BASDEVANT *et al.*, 2001 ; THIBAUT, 2010**).

1-3-5-Effet sur l'organisme

1-3-5-1-Index glycémique et satiété

La satiété correspond à l'absence d'appétit après la consommation d'un repas, et détermine l'intervalle entre les repas (**PAN et HU, 2012**).

La prise des aliments à IG bas permet une libération progressive et plus lente du glucose dans le sang, ce qui conduit par conséquent au maintien constant de la glycémie pendant un temps prolongé. Ces processus favorisent une prolongation de la sensation de satiété postprandiale.

Lorsque les sucres entrent dans la composition des aliments complexes, la relation entre l'IG et la satiété sera modulée par la présence de fibres et protéines, acides gras (**DAVID, 2011**).

1-3-5-2-Index glycémique et obésité

L'obésité est une accumulation excessive de graisse corporelle due à un déséquilibre entre la dépense énergétique et l'apport calorique journalier (**FERLAND et POIRIER, 2006 ; DAVID, 2011**).

La consommation des aliments à IG élevé génère des perturbations importantes de la glycémie, et en effet une importante élévation de l'insulinémie, ce qui active la mise en réserve des lipides, et favorise donc l'obésité (**THIBAUT, 2010**).

En revanche, une alimentation à faible IG facilite le contrôle du poids corporel par une augmentation de la satiété et l'oxydation des graisses (**FERLAND et POIRIER, 2006 ; DAVID, 2011**).

1-3-5-3-Index glycémique et diabète

Le diabète se définit par "la présence d'une hyperglycémie chronique de degré variable, due à une insuffisance de l'insulinosécrétion , dans de nombreux cas, de l'action de l'insuline, pouvant entraîner à long terme des complications atteignant les petits et les gros vaisseaux" (**BASDEVANT et al, 2001**).

Le choix alimentaire approprié reste un élément essentiel dans la gestion du diabète (**MANN et CHISHOLM, 2004**).

La substitution des aliments à IG élevé par un régime à faible IG s'accompagne d'une amélioration de l'équilibre glycémique avec une réduction significative d'hémoglobine glyquée HbA1c (une mesure de la glycémie à long terme), parfois plus importante que celle obtenue avec des traitements hypoglycémisants dans une dizaine d'études randomisées.

D'autre part, la prise des aliments à faible IG n'augmentent pas le risque d'hypoglycémie chez les diabétiques de type 1 (**AMOUYAL et ANDREELLI ,2010 ; MANN et CHISHOLM, 2004**).

1-3-5-4-Autres effets

De plus, la consommation d'aliments à IG élevé, favorisant une série d'hyperglycémie suivie d'hypoglycémie, a une influence sur la performance cérébrale, provoquant le stress et la fatigue (**THIBAUT, 2010**).

L'objectif de la présente étude est de faire abaisser l'index glycémique de sirop de dattes de variété "Ghars" par l'addition d'une source lipidique présentée par "l'huile d'olive", et d'une source protéique présentée par "la spiruline".

1-4-Huile d'olive

L'huile d'olive obtenue à partir du fruit de l'olivier est un liquide limpide, transparent, jaune ou jaune vert, d'odeur caractéristique, pratiquement insoluble dans l'alcool, miscible à l'éther et à l'éther de pétrole (**HENRY, 2003**).

1-4-1-Composition biochimique

L'huile d'olive est composée d'une fraction saponifiable majeure ; représentée par les triglycérides et les acides gras (de 96 à 98% de l'huile) et d'une fraction insaponifiable mineure (de 2 à 4% de l'huile) (**HENRY, 2003 ; BENRACHOU, 2013**).

1-4-1-1-Fraction saponifiable

Acides gras

L'huile d'olive contient de 72% d'acides gras mono insaturés, de 14% d'acides gras polyinsaturés et de 14% d'acides gras saturés (**BENRACHOU, 2013**).

L'acide oléique (acide gras monoinsaturé) est l'acide gras prédominant (de 56 à 84% d'huile), son abondance caractérise l'huile d'olive aux autres huiles végétales (**BENBEMLIH et GHANAM, 2012**).

1-4-1-2-Fraction insaponifiable

Cette fraction constitue des composés mineurs, qui représentent plus 250 composés chimiques. Elle est constituée:

- Les hydrocarbures;
- Les stérols;
- Les composés phénoliques;
- Les alcools triterpéniques et aliphatiques;
- Les tocophérols (vitamine E);
- Les chlorophylles et caroténoïdes (**HENRY, 2003 ; BENRACHOU, 2013**).

Composés phénoliques

Un grand nombre des composés phénoliques est présents dans l'huile d'olive, qui est responsable de leurs propriétés organoleptiques et antioxydantes ainsi de leur haute stabilité.

Parmi les composés présents dans l'huile d'olive sont; acides phénoliques, alcools phénoliques, lignans et flavonoïdes (**GOMEZ-ROMERO et al., 2012 ; FRANCO et al., 2014**).

1-4-2-Classification des huiles d'olive

Les huiles d'olive se classent en différents catégories :

1-4-2-1- Huiles d'olive vierges

Il s'agit d'une huile obtenue à partir du fruit de l'olivier uniquement par des procédés mécaniques ou physiques qui n'entraînent pas d'altération de l'huile.

Elles se classent en :

1-4-2-1-1-Huile d'olive extra vierge : l'acidité, exprimée en acide oléique doit être inférieure à 0,8 g/100 g d'huile.

1-4-2-1-2-Huile d'olive vierge : l'acidité, exprimée en acide oléique doit être inférieure à 2 g/100 g d'huile.

1-4-2-1-3-Huile d'olive vierge lampante : ce type d'huile a une acidité supérieure à 2 g/100 g d'huile. Cette huile est qualifiée d'impropre à la consommation et doit être destinée au raffinage.

1-4-2-2-Huiles d'olive raffinées

Il s'agit d'huile d'olive obtenue par le raffinage d'huiles d'olives vierges dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique, ne peut être supérieure à 0.3g pour 100g d'huile.

1-4-2-3-Huile de grignons d'olives

Il s'agit d'huile constituée par un coupage d'huile de grignons d'olive raffinée et d'huile d'olives vierge dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique, est inférieure à 3g pour 100g d'huile. Le grignon est le résidu sec de la pâte d'olives (**HENRY, 2003**).

1-4-3-Intérêt diététique et nutritionnelle d'huile d'olive

1-4-3-1-Huile d'olive et diabète

L'huile d'olive par sa richesse en l'acide oléique; l'acides gras mono-insaturé, permet de contrôler la glycémie et la pression artérielle chez les diabétiques (**CARRALAFUENTE, 2003**).

1-4-3-2-Huile d'olive et le cholestérol sanguin

L'huile d'olive est riche en acides gras mono-insaturés qui permettent de réduire le cholestérol LDL, et d'augmenter cholestérol HDL qui a été ramené vers le foie pour être traité sans se déposer sur les parois des artères (**CARRALAFUENTE, 2003 ; ANONYME, 2008**).

1-4-3-3-Huile d'olive et les maladies cardiovasculaires

De par sa richesse en antioxydants et en acides gras mon-insaturés, elle permet de prévenir contre les maladies cardiovasculaires (**CARRALAFUENTE, 2003 ; BENBEMLIH et GHANAM, 2012**).

1-4-3-4-Huile d'olive et les maladies gastro-intestinales

Elle facilite la digestion et l'absorption des aliments, y compris les vitamines liposolubles. Les chercheurs estiment que 55% à 66% de polyphénols d'huile d'olive sont absorbés après l'ingestion, principalement dans le petit intestin. Par ces propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes, elle permet de protéger le tractus gastro-intestinal contre les maladies gastro-intestinales (ANONYME, 2012).

1-5-Spiruline

La spiruline est une cyanobactérie; anciennement désigné algue bleu-vert, microscopique; qui se présente sous la forme d'un filament pluricellulaire bleu-vert, mobile, non ramifié et enroulé en spirale (BRANGER *et al.*, 2003 ; CHARPY *et al.*, 2008).

1-5-1-Classification systématique

La classification systématique de Spiruline était donnée comme suit:

Règne : Monera ou Bacteria

Sous-règne: Prokaryota

Phylum ou Division: Cyanophyta ou Cyanobacteria

Classe: Cyanophyceae

Ordre: Oscillatoriales

Famille: Oscillatoriaceae

Genre: *Arthrospira*

Espèce: *platensis* (CHARPY *et al.*, 2008).

La terminologie de la spiruline est assez confuse. Le terme “Spiruline” correspond au nom commercial d’une espèce de cyanobactérie alimentaire appartenant toujours au genre *Arthrospira*. Le mot “Spirulina” est le nom commercial anglophone de la spiruline, mais il désigne également un genre de cyanobactérie assez éloigné de *Arthrospira*, et surtout non comestible (par exemple : *Spirulina major*, *Spirulina subtilissima*, *Spirulina princeps*, *Spirulina gigantea* ou *Spirulina subsalsa*) (CRUCHOT, 2008 ; SGUERA, 2008).

1-5-2-Composition biochimique

La composition biochimique de la spiruline varie en fonction de la souche de spiruline, le moment de la récolte et de la technique de séchage utilisée (PIERLOVISI, 2008).

1-5-2-1-Protéines

La spiruline est caractérisée par un très fort taux de protéines, qui oscille entre 50 et 70% de son poids sec (FALQUET et HURNI, 2006 ; PIERLOVISI, 2008 ; CHARPY *et al.*, 2008).

Elle possède la plupart des acides aminés dont les acides aminés essentiels représentent 47% du poids total des protéines. Les acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) ainsi que d'autres non-soufrés (tryptophane, lysine et l'histidine), sont peu abondants, ce qui relativise sa richesse protéique (FALQUET et HURNI, 2006 ; CHARPY *et al.*, 2008 ; HOSEINI *et al.*, 2013).

1-5-2-2-Lipides

Les lipides représentent de 5.6 à 7% du poids sec de la Spiruline, mais ce pourcentage peut atteindre 11%.

La fraction saponifiable renferme principalement des acides gras polyinsaturés essentiels; incluent l'acide linoléique (C₁₈ : 2^{9,12}), précurseur de la famille des oméga 6, et l'acide linoléique (C₁₈ : 3^{9, 12, 15}), précurseur de la famille des oméga-3 (FALQUET et HURNI, 2006 ; CHARPY *et al.*, 2008 ; PIERLOVISI, 2008). Les triglycérides ne sont présents qu'à de très faibles taux (0,3%).

La fraction insaponifiable est composée essentiellement de stérols, de terpènes, d'hydrocarbures saturés (paraffines) et de pigments (FALQUET et HURNI, 2006 ; CHARPY *et al.*, 2008 ; PIERLOVISI, 2008).

1-5-2-3-Glucides

Les glucides représentent 15 à 25% de la matière sèche de l'algue.

Les glucides simples; présents en très faibles quantités; sont le glucose, le fructose et le saccharose; on trouve aussi des polyols comme le glycérol, le mannitol et le sorbitol (FALQUET et HURNI, 2006).

La paroi de l'algue est une paroi de type bactéries Gram-négatives, est formée de glucosamine et d'acide muramique associés à des peptides (FALQUET et HURNI, 2006).

1-5-2-4-Vitamines

La Spiruline est très riche en vitamines:

-c'est une source exceptionnellement élevée en vitamine B12. Mais il faut noter que sa biodisponibilité n'est pas clairement établie;

-elle se caractérise aussi par une teneur très élevée en β -carotène (jusqu'à 80 % des caroténoïdes totaux de spiruline) convertible chez l'Homme en vitamine A;

-la vitamine C n'existe qu'à l'état de trace dans la Spiruline;

-la vitamine E a des propriétés antioxydantes envers les acides gras insaturés de spiruline, ce qui permet d'assurer leur conservation (FALQUET et HURNI, 2006 ; PIERLOVISI, 2008 ; CHARPY *et al.*, 2008).

1-5-2-5-Minéraux

La spiruline est riche en minéraux spécialement le fer, le magnésium, le calcium, le phosphore et le potassium.

La très haute teneur en fer sous forme facilement assimilable se révèle très efficace contre les anémies. Le calcium, phosphore et magnésium sont présents dans la spiruline en quantités comparables à celles trouvées dans le lait (FALQUET et HURNI, 2006 ; PIERLOVISI, 2008 ; CHARPY *et al.*, 2008).

1-5-2-6-Pigments

La spiruline renferme de la chlorophylle A comme chez les végétaux, des caroténoïdes et des pigments protéiques parmi les quelles la phycocyanine responsable d'une couleur bleu-vert caractéristique de spiruline (FALQUET et HURNI, 2006 ; PIERLOVISI, 2008; CHARPY *et al.*, 2008).

1-5-3-Intérêt nutritionnelle et diététique

1-5-3-1-Effets hypo-lipidémiques

La spiruline engendrerait une diminution significative du cholestérol dans le sérum total, des triglycérides, cholestérol de LDL, de VLDL et phospholipides tandis que le cholestérol HDL a été augmenté. Son activité contre l'hyperlipidémie due aux acides gras polyinsaturés (DENG et CHOW, 2011 ; BELAY *et al.*, 1993 ; CHARPY *et al.*, 2008).

1-5-3-2-Effets antioxydants

La spiruline est riche en phycocyanine et en β -carotène qui ont des activités antioxydantes et anti-inflammatoires efficaces. Ces substances ont la capacité d'éliminer radicaux libres, et permettent ainsi de freiner le vieillissement des cellules (BELAY *et al.*, 1993 ; KAMENIDOU *et al.*, 2011 ; HOSEINI *et al.*, 2013) (Tableau V).

1-5-3-3-Effets anticancéreux et sur le système immunitaire

La spiruline grâce à sa richesse en phycocyanine, permet de maintenir les fonctions des cellules, et ainsi de prévenir le développement de tumeurs. Elle permet aussi de renforcer le système immunitaire grâce à ces polysaccharides (BELAY *et al.*, 1993 ; KAMENIDOU *et al.*, 2011 ; HOSEINI *et al.*, 2013) (Tableau V).

Tableau V : Certaines activités biologiques de Spiruline (HOSEINI *et al.*, 2013).

Activités biologiques	Composants bioactifs
Antioxydant	Caroténoïdes, vitamine E, phycocyanine, et chlorophylle.
Anticancéreuse	Polysaccharides, phycocyanine.
Antivirale	polysaccharides sulfatés, sulfolipides, pigments.
Antibactérienne	Acides gras.

1-5-3-4-Effets probiotiques

Les études de TSUCHIHASHI et ces collaborateurs en 1987 montrent que l'addition de Spiruline dans l'alimentation augmente la population des Lactobacilles dans l'intestin. Ces bactéries permettent de faciliter la digestion et l'absorption des nutriments et de protéger contre les infections.

1-5-3-5-Effets contre le diabète et l'obésité

Les études de TAKAÏ *et al.* (1991) et BECKER *et al.* (1986), montrent que la Spiruline permet de diminuer le taux de glucose dans le sérum, et de réduire du poids corporel chez les obèses (BELAY, 2002).

***II-Matériel
et méthodes***

2-1-Matériel

2-1-1-Dattes

Nous avons utilisé dans cette étude la variété **Ghars**. Elle est très répandue dans les palmeraies du Sud-est de l'Algérie en particulier dans la région de Ouargla. Elle vient en deuxième position après la variété Deglet Nour et appartient à la catégorie des dattes molles. Elle est consommée spécialement dans les régions où elle est produite, au stade Routab et Tmar car elle ne peut être acheminée dans le reste du pays qu'après avoir subi une transformation consistant en son tassement dans des sacs en toile (Batna) (**SIBOUKEUR, 1997**).

Le choix de cette variété est également justifié par :

- la facilité de ces dattes à produire du sirop par la technique de diffusion ;
- les sirops issus de cette variété sont plus riches en fructose par rapport à ceux issus des variétés Deglet Nour, Degla Beida et Mech Degla, ce qui la rend plus intéressante du point de vue diététique (**MIMOUNI et SIBOUKEUR, 2011**).

2-1-2- Source de protéines

Dans cette étude nous avons utilisé la spiruline (*Arthrospira platensis*) comme source de protéines. C'est une algue bleu-vert, considérée comme complément alimentaire sain et efficace (**FEZINY, 2008 ; GAESE, 2012**). Elle est utilisée sous forme de poudre.

Ce choix est justifié par :

- la facilité de sa culture;
- sa haute qualité nutritive due à la diversité et la richesse de ses constituants ;
- sa teneur élevée en protéines pouvant atteindre jusqu'à 70 % du poids sec de l'algue (**FALQUET et HURNI, 2006 ; CHARPY et al., 2008 ; PIERLOVISI, 2008 ; LANGLADE et al., 2008**);
- la préservation de la plupart de ses vertus nutritives car sa consommation ne requiert ni cuisson, ni traitement préalable (**PIERLOVISI, 2008**).



Photo.1-Dattes de variété Ghars



Photo.2-Huile d'olive



Photo.3-Poudre de spiruline



Photo.4-Accu-chek Go



Photo.5-Bandelettes réactives d'Accu-chek Go

2-1-3-Source de lipides

Nous avons utilisé de l'huile d'olive comme source lipidique. Elle est obtenue à partir du fruit de l'olivier (*Olea europaea*) (HENRY, 2003). Elle constitue une source principale de matière grasse dans le régime méditerranéen.

Le choix de cette huile est justifié par :

- son large éventail d'applications thérapeutiques et culinaires;
- sa richesse en acide oléique (C₁₈:1_{n-7});
- sa stabilité contre l'oxydation du fait de sa richesse en antioxydants (polyphénols, tocophérols) (WATERMAN et LOCKWOOD, 2007 ; BENBEMLIH et GHANAM, 2012);
- introduction massive de l'olivier dans les zones arides et semi-arides.

2-1-4-Cohorte humaine

Dans la présente étude, sept volontaires sains, non diabétiques sont retenus pour la détermination de l'index glycémique des produits expérimentaux.

2-1-5-Aliment de référence

L'aliment de référence ayant servi pour la mesure de l'index glycémique des sirops de dattes est une solution de glucose à 30 % (IMC Industries Médico-chirurgicales).

2-1-6-Lecteur de glycémie

La mesure de la glycémie s'effectue grâce à un lecteur de glycémie (Accu chek Go). Le prélèvement de sang capillaire est réalisé à l'aide d'un stylo auto piqueur, et des bandelettes réactives à usage unique servent à la détermination de la glycémie.

2-2-7-Jury de dégustation

Dans la présente étude, nous avons sélectionné quinze sujets parmi quarante pour l'évaluation sensorielle de sirops de dattes.

2-2-Méthodes d'analyse

La figure (1) illustre la procédure expérimentale adoptée dans la présente étude.

2-2-1-Prélèvement des échantillons

Les échantillons de dattes provenant de la région de Ouargla sont récoltés au stade Tmar. Ces échantillons sont stockés à 4°C jusqu'au moment de leur transformation en sirops.

2-2-2-Etapes d'élaboration du sirop de dattes

2-2-2-1-Prétraitement des dattes

Avant de procéder à l'extraction, on effectue un triage, un lavage et un ressuyage des dattes.

Le triage : permet d'éliminer toutes les dattes immatures, écrasées ou attaquées par les oiseaux et les insectes.

Le lavage: intervient pour débarrasser les dattes des diverses impuretés (sables, poussières, débris végétaux, produits de traitements et parasites, etc..).

Le ressuyage: se fait par égouttage des dattes, suivi de leur exposition à l'air libre pendant une journée à la température ambiante.

2-2-2-2-Procédé d'extraction du sirop de dattes

La méthode adoptée est la diffusion inspirée de la méthode d'extraction des sucres à partir de la betterave. Dans cette méthode, le sucre est extrait des dattes par diffusion en utilisant l'eau chaude comme solvant (**ARZATE, 2005**).

Le phénomène de diffusion est basé sur le mouvement des molécules d'une région à concentration élevée (sucre emmagasiné dans le tissu cellulaire) vers une autre à faible concentration (eau chaude) (**ARZATE, 2005**).

Les dattes subissent une double extraction. Chaque échantillon de dattes nécessite d'abord l'addition à un poids de dattes un poids double d'eau distillée. Pour la deuxième extraction, un seul volume ou poids d'eau distillée est suffisant.

La diffusion dans l'eau est maintenue à 80 C°, et le temps d'extraction est de 24 heures (**MIMOUNI et SIBOUKEUR, 2011**). Cette durée permet d'obtenir l'extraction la plus poussée possible.

2-2-2-3-Filtration

La filtration permet de séparer la phase liquide des dattes. Elle permet aussi d'éliminer les impuretés. La récupération du liquide se fait par filtration à travers une gaze.

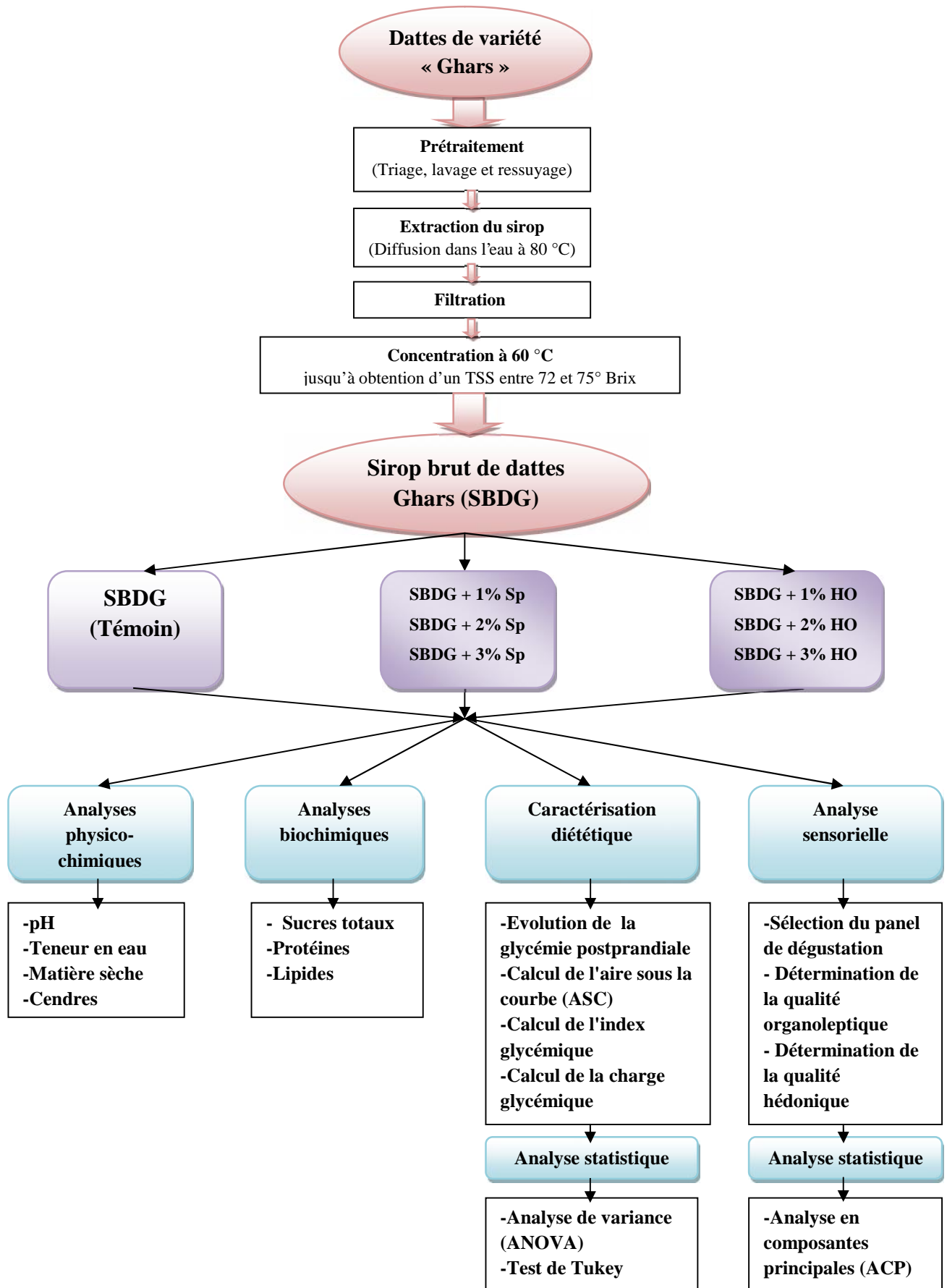


Fig. 1-Procédure expérimentale

2-2-2-4-Condensation ou concentration

Cette opération indispensable pour la préservation de la qualité hygiénique des produits est effectuée par évaporation de l'eau libre, dans une étuve réglée à 60 C°, jusqu'à l'obtention d'un sirop saturé à 72 ou 75°Brix (MIMOUNI et SIBOUKEUR, 2011). La température de 60 C° permet d'éviter la déstabilisation des sucres (caramélisation, formation de dérivés furfuraliques), phénomène rencontré dans l'extraction du sucre à partir de betterave (ARZATE, 2005).

2-2-3- Caractérisation physicochimique de sirops de dattes

2-2-3-1-Teneur en eau

La teneur en eau est la quantité d'eau perdue par l'aliment lorsqu'on le place en équilibre avec une pression de vapeur nulle (FRENOT et VIERLING, 2001).

La méthode utilisée pour déterminer l'humidité des échantillons est la dessiccation à 103 C° ± 2 C° jusqu'à l'obtention d'un poids constant (AUDIGIE *et al.*, 1982) (Annexe 1).

2-2-3-2-Teneur en cendres

Les cendres sont le résidu des composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques (AFNOR, 1977).

La teneur en cendres est déterminée après incinération du produit dans un four à moufle, à une température de 550 °C ± 15°C jusqu'à l'obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant (Annexe 2).

2-2-3-3- pH

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH-mètre. Le pH mètre est calibré avec des solutions tampons à pH 3, 7, et 9. Le pH est mesuré sur solution de sirop de dattes à 10 % (BOGDANOV *et al.*, 1997).

2-2-3-4- Taux de solides solubles (TSS ou °Brix)

Le Brix (°B) exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon. Le contenu des solides solubles représente le total de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, les alcools, les sels, les protéines, les acides, etc. Selon sa concentration, chacune de ces substances a sa propre influence (AFNOR, 1982 ; DAILLY, 2008).

Le degré °Brix est déterminé à l'aide du réfractomètre d'Abbé. Le principe de mesure est basé sur la réfraction de la lumière créée par la nature et la concentration des solutés. 1 °B correspond à l'indice de réfraction d'une solution de saccharose à 1% dans l'eau.

2-2-4-Characterisation biochimique de sirops de dattes

2-2-4-1-Dosage des sucres totaux

La méthode utilisée pour le dosage des sucres totaux dans le sirop de dattes est la méthode de BERTRAND (Annexe 3).

En milieu alcalin et à chaud, les sucres réduisent une solution de sulfate de cuivre CuSO_4 en oxyde cuivreux Cu_2O . On dose ensuite l'oxyde cuivrique par réduction du sulfate ferrique (NAVARRE et LANGLADE, 2006).

2-2-4-2-Dosage des protéines

La teneur en protéines est déterminée par la méthode de KJELDAHL, qui consiste à transformer l'azote organique en azote minéral (minéralisation), puis à déplacer l'ammoniac du sel d'ammonium obtenu (distillation) pour le neutraliser par une solution acide de titre connu (dosage) (KJELDAHL, 1883) (Annexe 4).

2-2-4-3-Dosage des lipides

Les lipides sont extraits par des solvants organiques non polaires au moyen de l'appareil de soxhlet. Dans cette méthode, les lipides sont extraits par de l'éther de pétrole. Le solvant est distillé et le résidu est séché et pesé (Annexe 5).

2-2-5-Recrutement des volontaires pour la détermination de l'IG

Pour déterminer l'index glycémique d'un aliment, l'essai exige un minimum de 6 sujets sains ou des patients diabétiques bien équilibrés (FAO/WHO, 1997). L'IG retenu est le résultat de la moyenne de l'ensemble des résultats du groupe (FAO/WHO, 1997 ; ANCELLIN et SAUL, 2004). Dans la présente étude, nous avons opté pour une cohorte de 7 sujets sains non diabétiques.

La mesure de la taille, du poids et un dosage de la glycémie à jeun sont effectués.

Chaque sujet doit recevoir les directives suivantes avant le déroulement des tests:

- ne pas pratiquer d'exercice intense dans les trois jours précédents le test ;
- prendre un dîner (la veille) de faible index glycémique ;

-réaliser le test le matin après un jeûne de 10 heures au minimum (**LUYCKX et SCHEEN ,2003**).

2-2-6-Mesure de l'index glycémique

La détermination de l'index glycémique des produits testés s'effectue selon les étapes suivantes:

- une quantité de sirop de dattes renfermant environ 50 g de glucides est donnée au sujet ;
- pendant les 2 heures qui suivent, des échantillons de sang capillaire sont prélevés toutes les 15 min pendant la 1^{ère} heure puis toutes les 30 min l'heure suivante ;
- les concentrations du glucose sanguin des prélèvements sont mesurés à l'aide du lecteur de glycémie puis enregistrées ;
- les concentrations de glucose sanguin sont portées sur un graphe et les aires sous la courbe (ASC) sont calculées à l'aide du logiciel Origine 6.

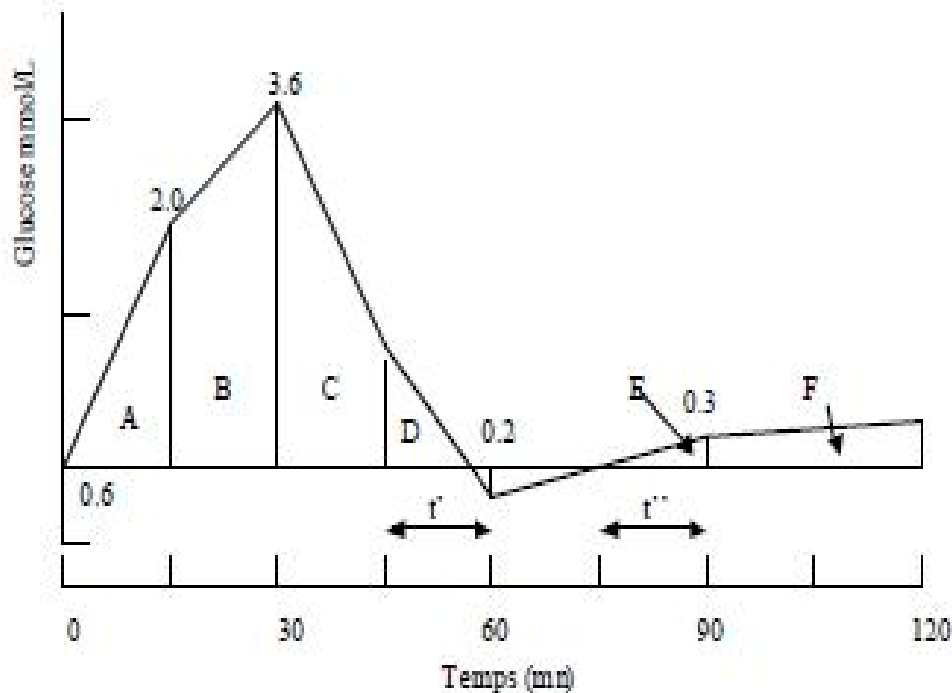
La réponse glycémique des volontaires aux sirops de dattes est comparée à celle de la réponse glycémique au 50 g de glucose correspondant à 166.66 ml de solution de glucose à 30%.

Chaque volontaire a été vu à l'occasion de huit visites :

- Visite 1:** prise de l'aliment de référence (SG 30%);
- Visite 2:** prise de l'aliment test; sirop brut de dattes Ghars (**SBDG**);
- Visite 3:** prise de sirop brut de dattes Ghars additionné d'1% d'huile d'olive (**SBDG +1% HO**);
- Visite.4:**prise de sirop brut de dattes Ghars additionné de 2% d'huile d'olive (**SBDG +2% HO**);
- Visite.5:**prise de sirop brut de dattes Ghars additionné de 3% d'huile d'olive (**SBDG +3% HO**);
- Visite 6:** prise de sirop brut de dattes Ghars additionné d' 1% de spiruline (**SBDG +1% Sp**);
- Visite 7:** prise de sirop brut de dattes Ghars additionné de 2% de spiruline (**SBDG +2% Sp**);
- Visite 8:** prise de sirop brut de dattes Ghars additionné de 3% de spiruline (**SBDG + 3% Sp**).

2-2-6-1-Calcul de l'index glycémique

On calcule l'index glycémique de sirop de dattes en mesurant la surface sous la courbe de la glycémie (déterminant l'ensemble de l'élévation et la diminution de la glycémie), en fonction du temps, à la suite de l'ingestion d'environ de 50 g de glucides provenant de sirop de dattes, divisé par la surface sous la courbe de la glycémie induite par 50 g de glucides provenant de l'aliment de référence (**FERLAND et POIRIER, 2006 ; AMOUYAL et ANDREELLI ,2010 ; DAVID ,2011**).



L'ASC est égale à la somme des aires des triangles et trapèzes: $A+B+C+D+E+F$

L'aire du triangle A = $2,0 \times 15/2 = 15,0$

L'aire du trapèze B = $(2,0 + 3,6) \times 15/2 = 42,0$

L'aire du trapèze C = $(3,6 + 1,0) \times 15/2 = 34,5$

L'aire du triangle D = $1,0 \times t'/2$, puisque: $t'/15=1,0/(1,0 + 0,2)$, alors: $t'=15 \times 1,0/1,2=12,5$,

alors, l'aire du triangle D = $1,0 \times 12,5/2 = 6,25$

L'aire du triangle E = $0,3 \times t''/2$, puisque: $t''/30=0,3/(0,3 + 0,2)$, alors: $t''=30 \times 0,3/0,5=18$,

alors, l'aire du triangle E = $0,3 \times 18/2 = 2,7$

L'aire du trapèze F = $(0,3 + 0,6) \times 30/2 = 13,5$

Donc, $ASC=15,0+42,0+34,5+6,25+2,7+13,5=114 \text{ mmol.min/L}$

Fig.2-Illustration du calcul d'une aire sous la courbe (ASC) de la réponse glycémique (FAO/WHO, 1997)

2-2-6-2-Analyse statistique

L'analyse statistique des données est réalisée à l'aide du Logiciel R. Une analyse de variance (ANOVA) et une comparaison des moyennes par le test de Tukey ont été effectuées.

L'analyse de la variance (ANOVA) a été réalisée dans le but de comparer les IG de produits expérimentaux. Ces IG sont considérés significativement différents lorsque leurs valeurs sont inférieures au niveau de confiance de 95%, c'est-à-dire une probabilité qui affiche une valeur inférieure à 0.05. Toutefois, l'ANOVA n'indique pas précisément le ou les produits qui diffèrent. Pour examiner les différences entre les produits le test Tukey (ANOVA à comparaison multiple) est nécessaire.

Cette comparaison a été faite, d'une part sans distinction entre le SBDG et les sirops additionnés d'huile d'olive et le SBDG et les sirops additionnés de spiruline et, d'autre part, séparément pour chacun de ces sirops.

2-2-8-Calcul de la charge glycémique

La charge glycémique correspond au produit de l'index glycémique de l'aliment par la teneur en glucides de celui-ci (FERLAND et POIRIER, 2006 ; DAVID, 2011).

$$CG = \frac{IG \times M}{100}$$

Avec:

CG = Charge glycémique;

IG = Index glycémique;

M= masse des glucides dans un aliment (FERLAND et POIRIER, 2006).

2-2-9-Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens, c'est-à-dire ses propriétés gustatives, olfactives, visuelles, auditives et tactiles.

Elle permet de mieux identifier les caractéristiques organoleptiques d'un produit, afin de pouvoir le décrire et d'appréhender les attentes des consommateurs (WATTS *et al.*, 1991 ; CLAUSTRIAUX, 2001 ; ANONYME, 2004 (1)).

L'évaluation sensorielle s'intéresse aux trois dimensions de nos perceptions sensorielles :

- la nature de la sensation (saveur sucré...);
- l'intensité (peu sucré ou très sucré) ;
- la dimension hédonique (agréable ou désagréable) (ISSANCHOU, 2008).

2-2-9-1-Tests de sélection de jury

L'évaluation sensorielle est effectuée par un jury préalablement sélectionné. Les dégustateurs doivent être capables de faire preuve de sensibilité olfactive et gustative.

Des tests de sélection sont donc nécessaires de façon que seuls les sujets les plus performants soient retenus. En effet, des différentes concentrations des quatre saveurs de base qui sont le sucré, l'acide, le salé et l'amer sont présentées aux sujets (Annexe 9).

Nous avons utilisé de l'acide citrique pour la saveur acide, du café soluble à défaut de caféine pour la saveur amère, du chlorure de sodium pour la saveur salée et du saccharose pour la saveur sucrée (Annexe 8).

On demande aux sujets de se rincer la bouche à l'eau minérale entre chaque dégustation. Avant de passer d'une saveur à l'autre, un temps de pause est nécessaire afin d'éliminer la persistance de la saveur précédente. La dégustation s'arrête dès que le sujet reconnaît la saveur présentée (WATTS *et al.*, 1991).

2-2-9-2-Salle de dégustation

La salle de dégustation est aménagée de façon à garantir un maximum de confort et de concentration aux juges.

Dans cette étude, les tests de dégustation sont déroulés dans le laboratoire central de la faculté de sciences de nature et de vie, université Kasdi .Merbah .Ouargla. Les membres de jury ne doivent pas porter de parfum ni fumer.

La dégustation a eu lieu le 11 et le 12 Mai 2015 à 10^h 30 de matin.

2-2-9-3-Produits

Les sept échantillons de sirop de dattes font l'objet de l'analyse sensorielle:

- SBDG (témoin);
- SBDG + 1% HO;
- SBDG + 2% HO;
- SBDG + 3% HO;
- SBDG + 1% Sp;
- SBDG + 2% Sp;
- SBDG + 3% Sp.

2-2-9-4-Profil sensoriel

Pour dresser le profil sensoriel du sirop de datte, la méthode mise en œuvre est l'analyse descriptive quantitative. Cette méthode consiste à demander aux sujets de noter l'intensité perçue pour chacune des caractéristiques sensorielles du produit préalablement définies (Annexe 10).

La technique suppose donc l'établissement d'une liste de descripteurs et le choix d'une échelle de notation (ISSANCHOU, 2008).

2-2-9-5-Qualité hédonique

L'approche hédonique permet de déterminer le degré d'appréciation du produit, et d'analyser les préférences des consommateurs (WATTS *et al.*, 1991).

Pour ce faire, un test hédonique est effectué. Il permet de mesurer le degré d'appréciation du produit (WATTS *et al.*, 1991).

On demande aux dégustateurs d'évaluer les 7 formulations de sirops de dattes, en indiquant leur degré d'appréciation sur une échelle à 9 niveaux (Annexe 11) ; qui va de "extrêmement agréable" à "extrêmement désagréable" (AFNOR, 2000).



Photo.6-Sirop brut de dattes Ghars (SBDG)

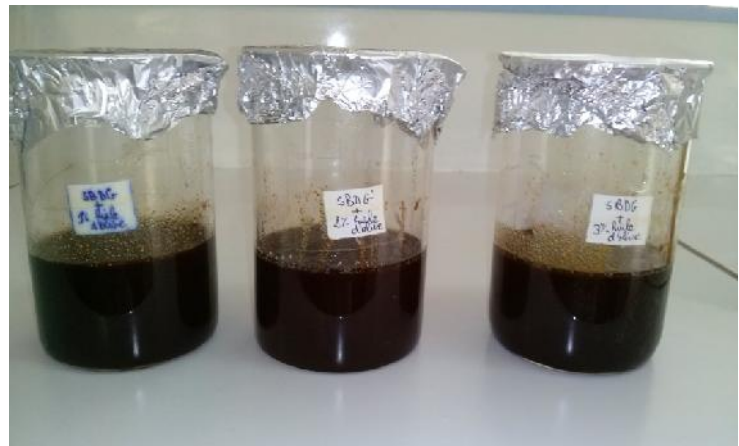


Photo.7-Sirops de dattes additionnés de 1, 2 et 3% d'huile d'olive.



Photo.8-Sirops de dattes additionnés de 1, 2 et 3% de spiruline.

2-2-6-Analyse statistique

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode statistique descriptive multidimensionnelle qui permet de synthétiser, et de résumer l'information contenue dans un tableau de données.

Cette analyse fournit une visualisation du tableau de données en représentation graphique plane d'un nuage de points en interrelation, représentant les individus et les variables.

Cette analyse a été réalisée dans le but de déterminer quels sont les sirops qui se ressemblent par leur qualité organoleptique et hédonique, et quels sont les sirops qui sont différents.

III-Résultats et discussion

3-1-Rendement d'extraction du sirop

Les résultats enregistrés lors de la présente étude font état d'un rendement de l'ordre de 53.54 %. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par MIMOUNI (2015), dans les mêmes conditions (variété Ghars et extraction par diffusion à l'eau maintenue à 80 °C) soit 47.5 %.

Ils semblent toutefois plus faibles que ceux rapportés par GANBI (2012), selon lequel les rendements d'extraction des sirops de dattes variété Nabtat Sultan obtenus par des techniques enzymatiques (pectinase / cellulase), par les micro-ondes et par les ultrasons seraient de l'ordre de 83.10 %, 77.52 % et 83.96 % respectivement.

Des rendements similaires sont rapportés par EL-SHARNOUBY *et al.* (2014) pour des sirops issus des dattes variété Reziz par l'emploi des enzymes (pectinase / cellulase) et par l'utilisation des ultrasons, soit 66.70 % et 74.30 % respectivement.

En revanche, des valeurs plus faibles obtenues avec deux méthodes classiques de production de sirops, consistant en un trempage des dattes dans de l'eau pour la première et en une agitation magnétique pour la seconde soit 38.94 % et 41.37 % respectivement sont rapportées par GANBI (2012).

Il semble donc que les meilleurs rendements sont obtenus par les techniques enzymatiques, l'utilisation des micro-ondes ou celles des ultrasons. Ces techniques permettent non seulement d'augmenter la quantité de sirops extraits, mais permettent aussi de diminuer le temps d'extraction, et d'améliorer la qualité de ces produits (GANBI, 2012 ; EL-SHARNOUBY *et al.*, 2014).

L'extraction par les ultrasons permet d'intensifier le transfert de masse et de libérer le contenu de cellules dans le milieu d'extraction. Elles permettent également d'inactiver les microorganismes présents (GANBI, 2012).

Par ailleurs, l'utilisation d'enzymes permet non seulement de faciliter la libération du contenu des cellules, mais aide aussi à diminuer la viscosité des sirops obtenus. Ce qui facilite leur filtration (AL-HOOTI *et al.*, 2002 ; EL-SHARNOUBY *et al.*, 2014).

Le rendement d'extraction dépend donc fortement la méthode d'extraction utilisée (MIMOUNI et SIBOUKEUR, 2014). En comparaison aux techniques citées précédemment, la méthode utilisée dans la présente étude (diffusion) est une technique simple et peu coûteuse.

3-2-Characterisation physico-chimique

Les caractéristiques physicochimiques des produits expérimentaux sont rassemblées dans le tableau VI.

3-2-1-Teneur en eau

Le sirop brut de dattes Ghars (**SBDG**) présente une teneur en eau de l'ordre de $29.8 \% \pm 0.28$.

Ce résultat semble supérieur à celui du SBDG obtenu par MIMOUNI (2015) soit 20.44 %. Une teneur en eau de même ordre de grandeur a été enregistrée par EL-SHARNOUBY *et al.* (2014), soit 18.5 %. Des teneurs de l'ordre de 16.76 % et 16.25% sont signalées par HOOTI *et al.* (2002) pour les sirops de variétés Birhi et Safri respectivement.

Les SBDG additionnés d'huile d'olive à 1%, 2% et 3% (**SBDG + 1% HO ; SBDG + 2% HO ; SBDG + 3% HO**) présentent des teneurs en eau de l'ordre de $29.06\% \pm 0.23$, $28.73\% \pm 1.27$ et $27.6\% \pm 0.53$ respectivement.

Les SBDG additionnés de spiruline à 1%, 2% et 3% (**SBDG + 1% Sp ; SBDG + 2% Sp ; SBDG + 3% Sp**) présentent des teneurs en eau de l'ordre de $29.26 \% \pm 0.41$, $28.80\% \pm 0.2$ et 28.66 ± 0.30 respectivement.

Les résultats montrent que la teneur en eau dans ces sirops est inversement proportionnelle à la quantité d'huile d'olive et de spiruline rajoutée au SBDG.

L'addition d'huile d'olive et de spiruline permet donc de diminuer légèrement la teneur en eau des sirops de dattes, et serait susceptible d'augmenter leur durée de conservation.

En effet, la diminution de la teneur en eau et donc celle de l'activité de l'eau (a_w) dans les produits alimentaires permet de minimiser les détériorations physico-chimiques, les activités enzymatiques et la prolifération des micro-organismes (**FRENOT et VIERLING, 2001**).

Tableau VI : Paramètres physico-chimiques des sirops de dattes.

Echantillons	Teneur en eau en %	Taux de matière sèche en %	Taux de cendres en %	pH
SBDG	29.8 ± 0.28	70.2 ± 0.28	0.80 ± 0.15	4.77 ± 0.04
SBDG + 1% HO	29.06 ± 0.23	70.94 ± 0.23	0.77 ± 0.03	4.74 ± 0.04
SBDG + 2% HO	28.73 ± 1.27	71.26 ± 1.27	0.65 ± 0.10	4.71 ± 0.05
SBDG + 3% HO	27.6 ± 0.53	72.4 ± 0.53	0.56 ± 0.10	4.68 ± 0.0
SBDG + 1% Sp	29.26 ± 0.41	70.74 ± 0.41	0.93 ± 0.07	5.18 ± 0.01
SBDG + 2% Sp	28.8 ± 0.2	71.2 ± 0.2	1.16 ± 0.14	5.68 ± 0.01
SBDG + 3% Sp	28.66 ± 0.30	71.33 ± 0.30	1.17 ± 0.03	6.15 ± 0.03

3-2-2-Taux de matière sèche

Le taux de matière sèche dans les sept produits expérimentaux oscille entre $70.2\% \pm 0.28$ et $72.4\% \pm 0.53$.

Les résultats obtenus sont comparables à ceux obtenus par RAIESI-ARDALI *et al.* (2014), selon lesquels le taux de matière sèche du sirop de dattes serait égal à 72.1%.

Toutefois, Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par MIMOUNI (2015) soit 79.56%, par ALANAZI (2010) soit 84% et par AL-EID (2007) soit 86.5%.

Les taux de matière sèche que nous avons enregistrés sont liés au degré de concentration des sirops.

3-2-3-Teneur en cendres

Les cendres représentent les matières minérales d'un échantillon (AFNOR, 1977).

La teneur en cendres dans le SBDG est de l'ordre de $0.80\% \pm 0.15$. Les résultats obtenus se rapprochent à ceux obtenus par MIMOUNI (2015), dont la teneur en cendres est égal 0.96%.

Des travaux d'EL-SHARNOUBY *et al.* (2014), RAIESI-ARDALI *et al.* (2014) et AL-EID (2007) signalent des teneurs en cendres de l'ordre de 1.82%, 1.69% et 1.5% respectivement.

Les **SBDG + 1% HO ; SBDG + 2% HO et SBDG + 3% HO** présentent des teneurs en cendres de l'ordre de $0.77\% \pm 0.03$, $0.65\% \pm 0.10$ et $0.56\% \pm 0.10$ respectivement. Tandis que, **SBDG + 1% Sp ; SBDG + 2% Sp et SBDG + 3% Sp** présentent des teneurs en cendres de l'ordre de $0.93\% \pm 0.07$, $1.16\% \pm 0.14$ et $1.17\% \pm 0.03$ respectivement.

Les résultats montrent que l'addition d'huile d'olive, dépourvue de minéraux, entraîne une diminution légère de la teneur en cendres dans le sirop de dattes. Tandis que l'addition de spiruline riche en minéraux (FALQUET et HURNI, 2006 ; PIERLOVISI, 2008 ; CHARPY *et al.*, 2008) entraîne une augmentation de la teneur en cendres.

3-2-4-pH

Globalement le pH de tous les échantillons tend vers l'acidité, ce qui ne permet pas à flore pathogène de s'y développer.

Le SBDG présente un pH de l'ordre de 4.77 ± 0.04 . Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par MIMOUNI (2015) et RAIESI-ARDALI *et al.* (2014) qui sont de l'ordre de 4.41 et 4.20 respectivement. Les travaux de HOOTI *et al.* (2002) signalent des pH de sirops de dattes de variété de Birhi et Safri comparables de l'ordre de 4.09 et 4.11 respectivement.

Les SBDG additionnés d'huile d'olive à 1%, 2% et 3% présentent des pH de l'ordre de 4.74 ± 0.04 , 4.71 ± 0.05 et 4.68 ± 0.0 respectivement.

Les résultats obtenus montrent que l'addition d'huile d'olive au sirop de dattes permet d'abaisser légèrement son pH.

Cela semble être dû à l'acidité de l'huile d'olive. Ceci pourrait contribuer à mieux conserver le sirop de dattes, puisque l'acidité constitue un obstacle contre le développement des micro-organismes.

Le pH des SBDG additionnés de spiruline à 1%, 2% et 3% oscille entre 5.18 ± 0.01 et 6.15 ± 0.03 . L'addition de spiruline augmente légèrement le pH de sirop de dattes, et cela est probablement dû au pH légèrement basique de la spiruline oscillant entre 7 et 9 (**BENAHMED, 2012**).

3-2-5-Taux de solides solubles (TSS % ou °Brix)

Le degré °Brix du SBDG est de l'ordre de 72.08 ± 1.25 . Les résultats obtenus sont comparables à ceux rapportés par MIMOUNI (2015). Selon l'auteur, le degré Brix de SBDG est égal 73.2.

La teneur élevée en solides solubles dans le sirop de dattes est due à sa concentration élevée en sucres (**GANBI, 2012**). Ce qui permet d'inhiber le développement des microorganismes non osmophiles, et d'améliorer en conséquence la conservation du sirop.

3-3-Characterisation biochimique

Les caractéristiques biochimiques des produits expérimentaux sont rassemblées dans le tableau VII.

3-3-1-Taux de sucres totaux

Le taux des sucres totaux dans le SBDG est de l'ordre de $70.66 \% \pm 0.28$. Ces résultats se rapprochent de ceux rapportés par RAIESI-ARDALI *et al.* (2014) et MIMOUNI et SIBOUKEUR (2011), dont le taux des sucres totaux est de l'ordre de 70.27 et 70.63 respectivement. Cependant, ils sont inférieurs à ceux rapportés par AL-EID (2007), ALANAZI (2010) et EL-SHARNOUBY *et al.* (2014), soient 81%, 79.45% et 81.88 % respectivement.

Les sucres réducteurs (glucose et fructose) sont les principaux sucres présents dans le sirop de dattes (**AL-HOOTI *et al.*, 2002 ; AL-EID, 2007 ; GANBI, 2012 ; EL-SHARNOUBY *et al.*, 2014 ; RAIESI-ARDALI *et al.*, 2014**).

Les études de MIMOUNI et SIBOUKEUR (2011) signalent l'absence de saccharose dans le SBDG.

Cela est dû selon les mêmes auteurs à la teneur relativement élevée en eau dans la variété Ghars, ce qui a permis d'accélérer le processus d'inversion du saccharose en glucose et fructose lors du développement phénologique des dattes.

Les SBDG additionnés d'huile d'olive à 1%, 2% et 3% présentent un taux des sucres totaux de l'ordre de 69.83 %, 69.24 % et 68.51% respectivement. Tandis que, les SBDG additionnés de spiruline à 1%, 2% et 3% présentent un teneur de l'ordre de 70.14 %, 69.60 % et 69.11% respectivement.

Les résultats montrent que ce taux est inversement proportionnel à la quantité d'huile d'olive et de spiruline ajouté. Cela est dû à l'absence de sucres dans l'huile d'olive, et à la présence d'un faible teneur en sucres dans la spiruline (15 à 25% de son poids sec).

3-3-2-Teneur en protéines

Le taux de protéines dans le SBDG est égal à 1.24 % \pm 0.05. Ces résultats se rapprochent de ceux rapportés par AL-HOOTI *et al.* (2002) pour le sirop de la variété Safri soit 1.22 %, et de ceux rapportés par EL-SHARNOUBY *et al.* (2014) pour les sirops de la variété Reziz obtenus par des techniques enzymatiques et des ultrasons soient 1.22 % et 1.20 % respectivement.

Les résultats obtenus paraissent supérieurs à ceux obtenus par MIMOUNI *et al.* (2014), ALANAZI (2010) et GANBI (2012), dont les teneurs en protéines sont de l'ordre de 1.15 %, 0.83% et 0.62 à 0.78 % respectivement. Cependant, ils semblent inférieurs à ceux obtenus par AL-EID (2007) soit 2.2 %.

Bien que le sirop de dattes présente une faible teneur en protéines, elles sont qualitativement bien équilibrées.

Les SBDG à 1%, 2% et 3% d'huile d'olive présentent des teneurs en protéines très proches qui sont de l'ordre 1.23%, 1.21% et 1.19% respectivement.

Les résultats montrent que l'addition d'huile d'olive n'affecte que légèrement la teneur en protéines du produit brut.

Les SBDG à 1%, 2% et 3% de spiruline présentent des teneurs en protéines supérieures à celle du SBDG, de l'ordre de 1.89%, 2.50% et 3.15% respectivement.

Cette teneur est proportionnelle à la quantité de spiruline ajoutée dont la teneur en protéines enregistrée lors de cette étude, avoisine 66.53%.

Dans ce contexte des teneurs en protéines de cette algue, comparables, ont été rapportées par GAESE (2012), BENAHMED (2012) et ALVARENGA *et al.* (2011) soit 64.0%, 58.2 % et 61,74% respectivement.

La spiruline est l'aliment le plus riche en protéines connu à ce jour. Elle en contient deux fois plus que le soja, et trois fois plus que la viande ou le poisson (CHARPY *et al.*, 2008 ; PIERLOVISI, 2008). Ces protéines se caractérisent par une très grande digestibilité (PIERLOVISI, 2008 ; HOSEINI *et al.*, 2013).

L'addition de spiruline au sirop de dattes pauvre en protéines peut contribuer à l'amélioration de sa qualité nutritionnelle et diététique des sirops de dattes.

Tableau VII : Paramètres biochimiques des sirops de dattes.

Echantillons expérimentaux	Taux d sucres totaux en %	Taux de protéines en %	Taux de lipides en %
SBDG	70.66 ± 0.28	1.24 ± 0.05	1.45
SBDG + 1% HO	69.83	1.23	2.40
SBDG + 2% HO	69.24	1.21	3.61
SBDG + 3% HO	68.51	1.19	4.41
SBDG + 1% Sp	70.14	1.89	1.51
SBDG + 2% Sp	69.60	2.50	1.60
SBDG + 3% Sp	69.11	3.15	1.67

3-3-3-Teneur en lipides

La teneur en lipides dans le SBDG est égal 1.45 %. ALANAZI (2010) rapporte une teneur en lipides dans le sirop de dattes de variété Khalas égale à 1.98 %.

Les SBDG à 1%, 2% et 3% de l'huile d'olive présentent des teneurs en lipides de l'ordre de 2.40, 3.61 et 4.41 respectivement.

Les résultats montrent que l'addition d'huile d'olive au sirop de dattes augmente sa teneur en lipides.

Les acides gras mono-insaturés présentes dans l'huile d'olive permettent de prévenir contre les maladies cardiovasculaires (CARRALAFUENTE, 2003 ; ANONYME, 2008 ; BENBEMLIH et GHANAM, 2012). L'addition d'huile d'olive au SBDG pauvre en lipides permet donc d'améliorer la qualité nutritionnelle de celui-ci.

Les SBDG additionnés de spiruline à 1%, 2% et 3% présentent des teneurs en lipides de l'ordre de 1.51, 1.60 et 1.67 respectivement.

L'addition de spiruline n'augmente que légèrement la teneur en lipides dans le sirop de dattes.

La teneur en lipides dans la spiruline oscille entre 5.6 à 7% du son poids sec. La spiruline est riche en acides gras polyinsaturés essentiels (FALQUET et HURNI, 2006 ; CHARPY et al, 2008 ; PIERLOVISI, 2008). En effet, elle a été recommandée comme supplément alimentaire en cas de carence en acides gras essentiels (FALQUET et HURNI, 2006).

3-4-Index glycémique des sirops de dattes

L'index glycémique permet de quantifier le pouvoir hyperglycémiant d'un aliment par rapport à un glucide de référence. Il permet donc d'étudier les effets physiologiques de la consommation de tel ou tel autre aliment (BASDEVANT *et al.*, 2001).

Sa détermination comporte des étapes dont la première est la sélection d'un groupe plus ou moins homogène d'individus volontaires.

3-4-1-Sélection des sujets

Le diabète sucré est défini par une glycémie à jeun supérieure à 1.26 g/l à deux reprises (BATTU, 2014). L'obésité et le surpoids sont définies par un indice de masse corporelle (IMC) supérieur à 25.0 Kg/m² (BASDEVANT *et al.*, 2001).

Le tableau suivant résume les caractéristiques cliniques des sept sujets sélectionnés pour la présente étude.

Tableau VIII : Caractéristiques cliniques des sujets.

Volontaires	Sexe	Age (ans)	Poids (Kg)	Taille (m)	IMC (Kg/m ²)	Glycémie à jeun
1	F	26	63	1.65	23.14	0.93
2	F	25	47	1.5	20.88	0.91
3	M	26	85	1.83	25.38	0.91
4	F	25	68	1.64	25.28	0.9
5	F	25	54	1.62	20.57	0.86
6	F	31	66	1.67	23.66	0.97
7	F	24	65	1.66	23.59	1
Moyenne	/	26	64	1.65	23.21	0.92
Ecart type	/	2.30	11.91	0.09	1.90	0.04

Les résultats obtenus indiquent que l'âge moyen des volontaires est égal à 26 ans \pm 2.3, avec IMC de l'ordre de 23.21 Kg/m² \pm 1.90, et une glycémie à jeun de l'ordre de 0.92 g/l \pm 0.04.

Par conséquent, les sujets retenus pour la réalisation de cette étude sont-non diabétiques et non obèses.

3-4-2-Evolution de la glycémie après l'ingestion des sirops de dattes (réponse postprandiale)

La prise d'aliments glucidiques entraîne une élévation de la glycémie, suivie d'une diminution, la concentration basale de glucose étant atteinte dans les 2 à 3 heures.

Plus l'index glycémique d'un aliment est élevé, plus il produira un pic glycémique plus important et une réponse glycémique plus élevée (FERLAND et POIRIER, 2006 ; HARTEMANN-HEURTIER, 2009).

3-4-2-1-Evolution de la glycémie après ingestion du SBDG

Le pic glycémique moyen de SBDG de l'ordre 1.22 g/l est obtenu 30 minutes après la prise alimentaire. Celui obtenu avec le glucose est égal à 2.55 g/l, 15 minutes seulement après l'ingestion (Fig.3).

Donc le pic glycémique du SBDG est tardif par rapport à celui de l'aliment de référence.

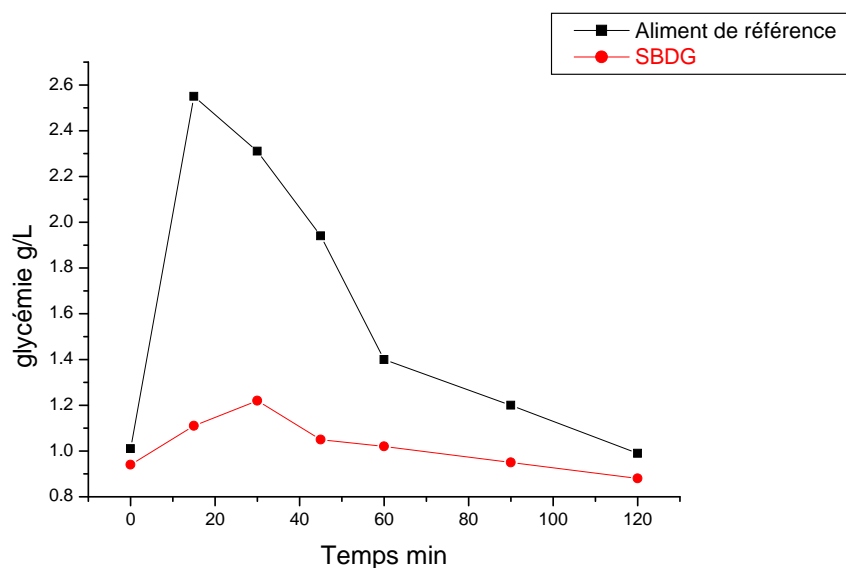


Fig.3-Evolution de la glycémie après l'ingestion de l'aliment de référence et SBDG.

3-4-2-2-Evolution de la glycémie après ingestion des SBDG additionnés d'huile d'olive

L'huile d'olive est un produit à forte valeur ajoutée (TANOUTI *et al.*, 2011). Dans la présente étude, nous avons utilisé l'huile d'olive comme source de lipides dans le but de faire baisser l'index glycémique du SBDG.

Le pic glycémique moyen de **SBDG + 1%HO** de l'ordre 1.12 g/l est obtenu 30 minutes après la prise alimentaire (Fig.4).

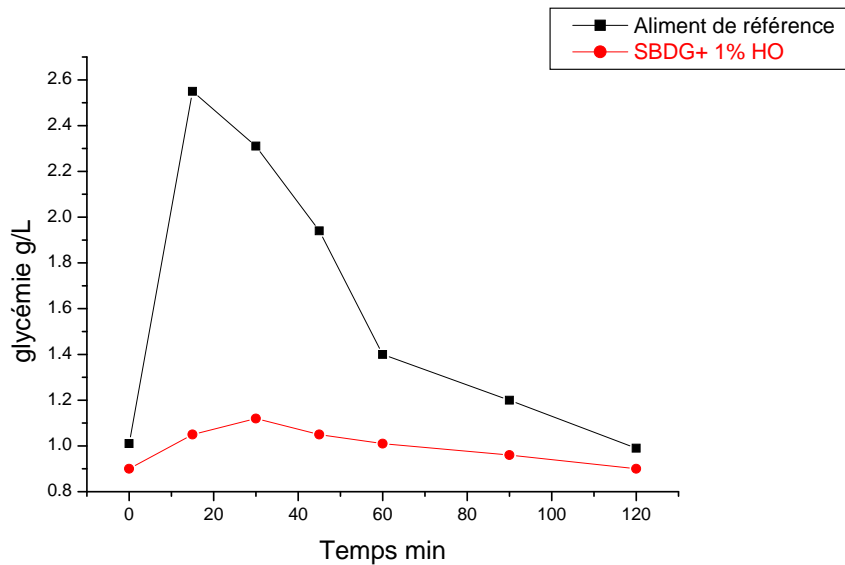


Fig.4- Evolution de la glycémie après l'ingestion de l'aliment de référence et **SBDG + 1%HO**.

Le **SBDG + 2%HO** présente un pic glycémique moyen égale à 1.17 g/l obtenu 30 minutes après la prise alimentaire (Fig.5).

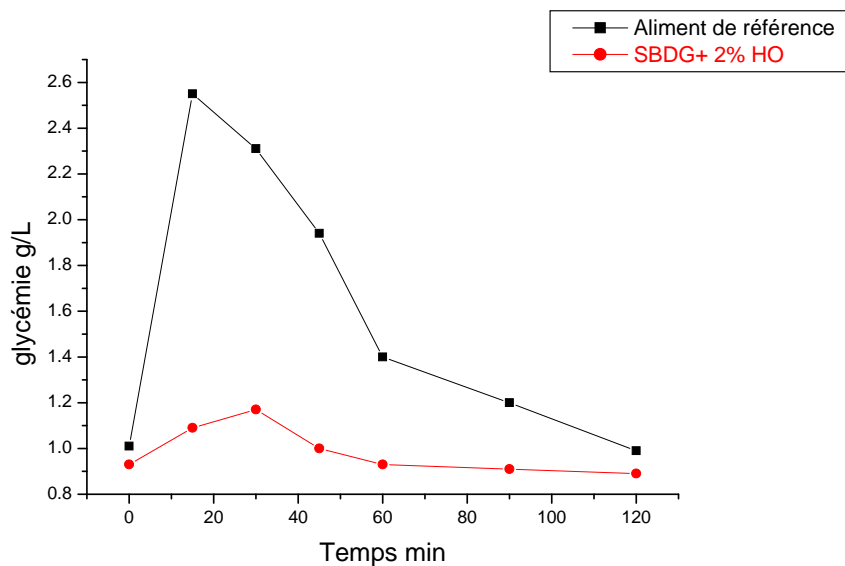


Fig.5- Evolution de la glycémie après l'ingestion de l'aliment de référence et **SBDG + 2%HO**.

Le **SBDG + 3%HO** présente un pic glycémique moyen d'ordre 1.17 g/l obtenu 30 minutes après la prise alimentaire (Fig.6).

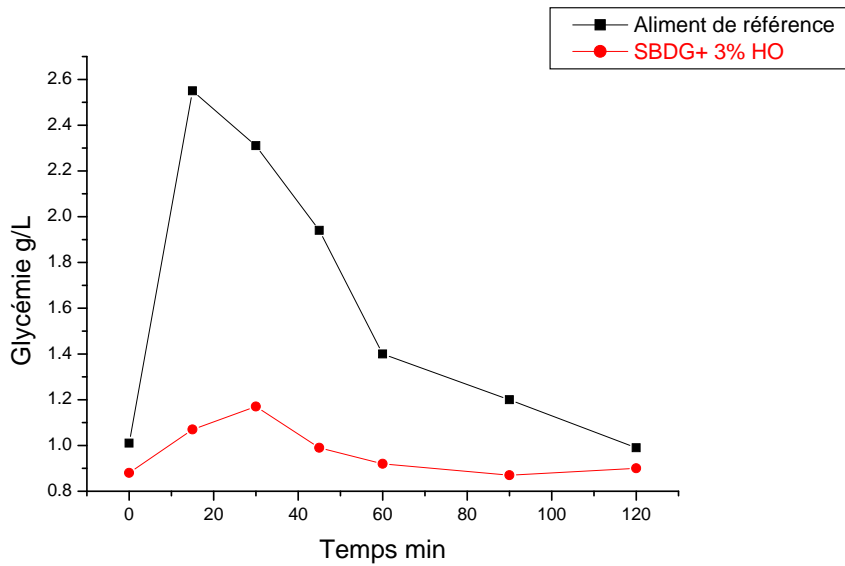


Fig.6-Evolution de la glycémie après l'ingestion de l'aliment de référence et **SBDG + 3%HO**.

Les résultats montrent que SBDG additionnés de 1%, 2% et 3% d'huile d'olive présentent tous des pics relativement bas et tardifs par rapport à celui de l'aliment de référence.

3-4-2-3-Evolution de la glycémie après l'ingestion des SBDG additionnés de spiruline

La spiruline est un aliment de haute qualité nutritive (LANGLADE *et al.*, 2008 ; (PIERLOVISI, 2008). Dans la présente étude, nous avons utilisé la spiruline comme source de protéine pour faire baisser l'index glycémique de sirop de dattes.

Le **SBDG + 1% Sp** présente un pic glycémique moyen d'ordre 1.11 g/l obtenu 30 minutes après la prise alimentaire (Fig.7).

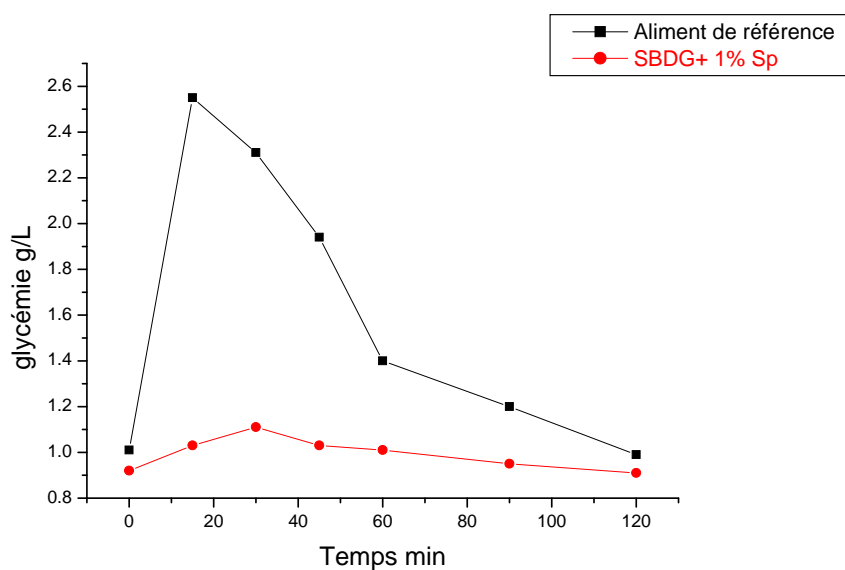


Fig.7-Evolution de la glycémie après l'ingestion de l'aliment de référence et **SBDG + 1% Sp**.

Le **SBDG + 2% Sp** présente un pic glycémique moyen de l'ordre 1.13 g/l obtenu 30 minutes après la prise alimentaire (Fig.8).

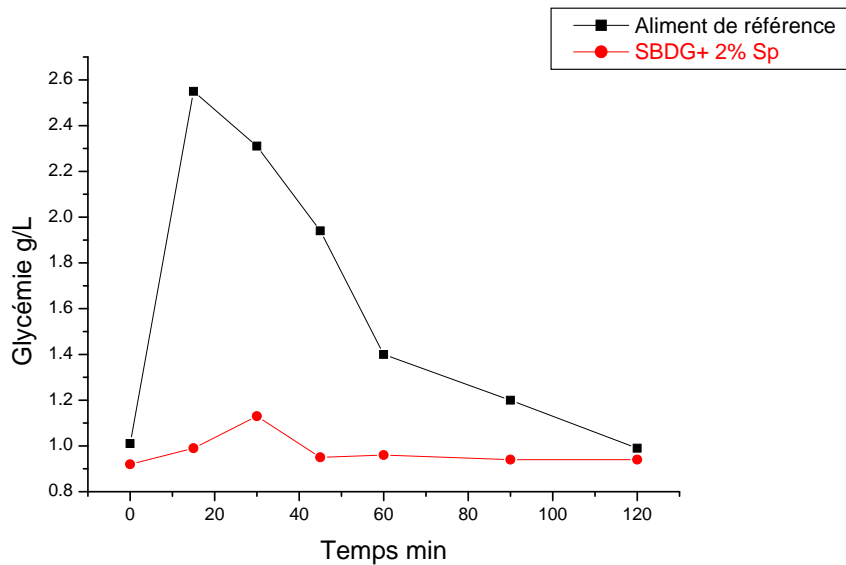


Fig.8-Evolution de la glycémie après l'ingestion de l'aliment de référence et **SBDG + 2% Sp**.

Le **SBDG + 3% Sp** présente un pic glycémique moyen de l'ordre 1.03 g/l obtenu 30 minutes après la prise alimentaire (Fig.9).

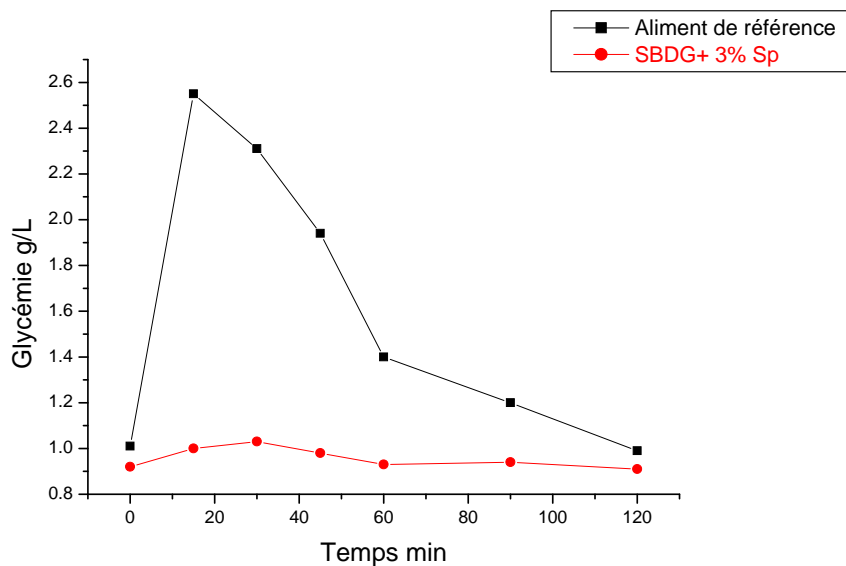


Fig.9-Evolution de la glycémie après l'ingestion de l'aliment de référence et **SBDG + 3% Sp**.

Les résultats obtenus pour SBDG additionnés de 1%, 2% et 3% d'huile d'olive sont comparables à ceux obtenus pour SBDG additionnés de 1%, 2% et 3% de spiruline.

En définitif, un aliment glucidique qui présente un pic postprandiale bas et tardif, est d'autant plus intéressant du point de vue diététique, qu'un aliment glucidique qui présente un pic postprandiale élevé et précoce.

En effet, un pic précoce et élevé provoque une sécrétion rapide et importante d'insuline. Ce qui peut engendrer une hypoglycémie, et générer à long terme une insulino-résistance.

Il ressort de ce qui précède que l'ensemble des échantillons présente un pic bas et tardif par rapport à celui de l'aliment de référence, d'où l'intérêt diététique des échantillons expérimentaux.

Le calcul de l'IG de chaque produit permettra de mieux les caractériser sur le plan diététique. Celui-ci se fait sur la base de la mesure des aires sous la courbe des aliments testés.

3-4-3-Aire sous la courbe des sirops de dattes

L'aire sous la courbe (ASC) moyenne des sirops testés et de l'aliment de référence est présentée dans la figure 10.

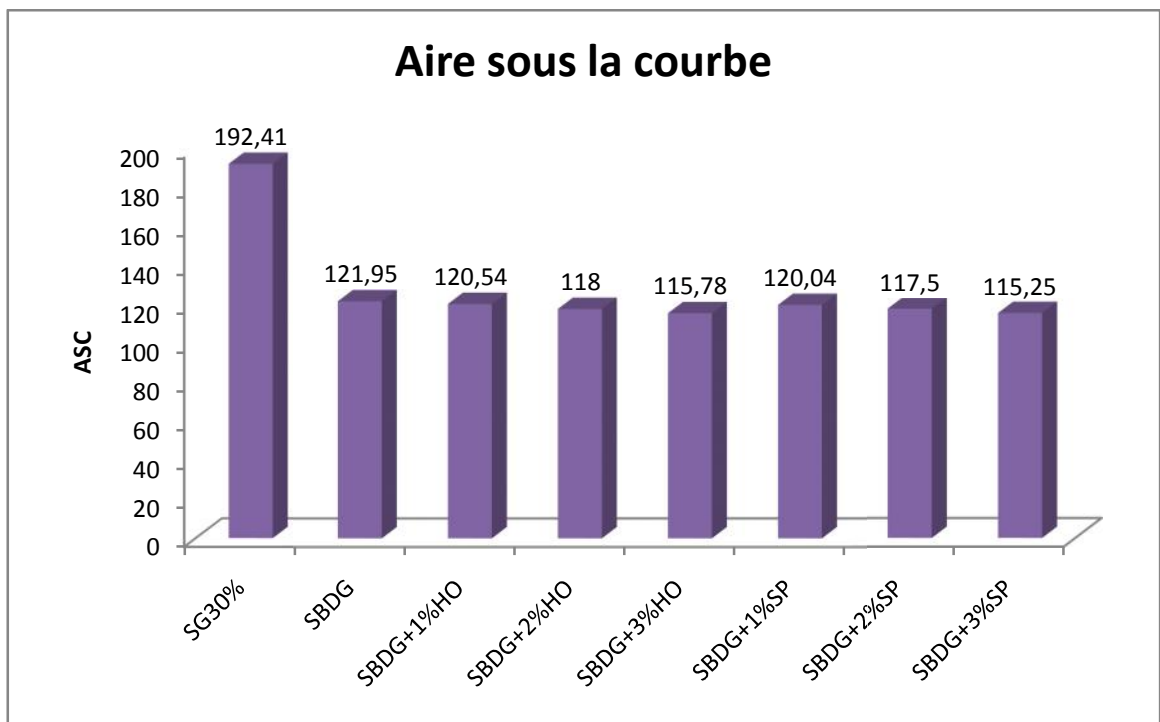


Fig.10-Aires sous la courbe des aliments testés

L'ASC des échantillons expérimentaux (aliments testés) est comprise entre 115.25 ± 4.97 et 121.95 ± 2.69 . Elles sont faibles par rapport à celle de l'aliment de référence.

Ceci est de nature à suggérer que les sirops présentent des IG relativement plus bas que celui du glucose qui est égale par convention à 100.

3-4-4-Index glycémique des sirops de dattes

Rappelons que l'IG est le rapport entre l'ASC de l'aliment test et l'ASC de l'aliment de référence multiplier par 100 (Fig.11).

L'index glycémique des sirops testés et de l'aliment de référence est présenté dans la figure.

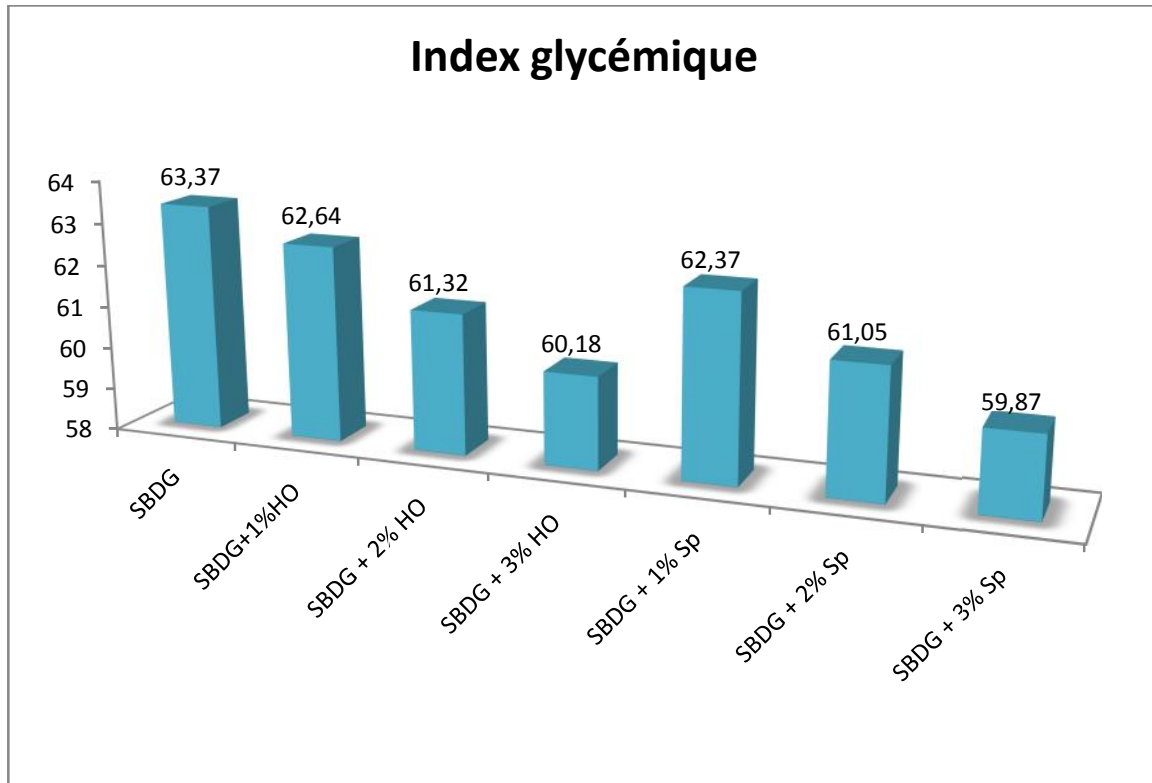


Fig.11-Index glycémique des aliments testés.

3-4-4-1-Index glycémique du SBDG

L'index glycémique du SBDG enregistré dans la présente étude est égal à 63.37 ± 0.84 .

Ces résultats se rapprochent de ceux rapportés par MIMOUNI (2015), selon lequel l'IG du SBDG serait égale à 61.51.

Les aliments sont classés en fonction de leur index glycémique en trois catégories; les aliments dont l'index glycémique est égal ou supérieur à 70 sont considérés comme des aliments d'IG élevé, ceux dont l'index glycémique est égal ou inférieur à 55 sont des aliments de faible IG, ceux dont l'index glycémique est compris entre 56 et 69 sont considérés comme ayant un IG intermédiaire (AMOUYAL et ANDREELLI, 2010 ; THIBAUT, 2010).

Le SBDG présente donc un index glycémique modéré.

Ce sirop semble par conséquent intéressant du point de vue diététique car la consommation des aliments à index glycémique faible ou modéré améliore l'équilibre

glycémique, facilite le contrôle du poids corporelle et diminue le risque de développer le diabète de type 2 ou les maladies cardiovasculaires (**FERLAND et POIRIER, 2006 ; AMOUYAL et ANDREELLI, 2010 ; DAVID, 2011**).

L'IG modéré du SBDG semble du à la présence du fructose, puisque ce dernier a un IG très faible (de l'ordre de 20), et n'exige pas de l'insuline pour son métabolisme. Il est entièrement capté à chaque passage hépatique (**THIBAUT, 2010 ; WOLEVER, 2008 ; LECERF, 2009**).

En plus, la présence de fibres, de minéraux, et d'une faible quantité de protéines et de lipides contenant dans le SBDG semblent contribuer à diminuer l'IG de ce sirop (**REMESY, 2008 ; MIMOUNI, 2015**).

3-4-4-2-Index glycémique des SBDG additionnés d'huile d'olive

L'index glycémique du SBDG additionné de 1%, 2% et 3% d'huile d'olive est égal à 62.64 ± 1.20 , 61.32 ± 1.77 et 60.18 ± 1.99 respectivement.

Les résultats obtenus montrent que l'addition d'huile d'olive au sirop de dattes d'IG modéré (63.37) entraîne une diminution de son index glycémique.

L'analyse de variance (ANOVA) montre une différence hautement significative entre le SBDG, le SBDG à 1%, 2%, et 3% d'HO au seuil < 0.01 .

Le test de Tukey montre une différence hautement significative entre le SBDG et le SBDG + 3% HO au seuil < 0.01 , et une différence significative entre le SBDG + 1% HO et le SBDG + 3% HO au seuil < 0.05 .

Toutefois, il montre une différence non significative entre les autres sirops deux à deux au seuil > 0.05 .

A partir de l'analyse statistique de ces produits, il en ressort que:

-l'addition de l'huile d'olive à pourcentage de 3% au sirop de dattes donne l'index glycémique le plus significativement différent au SBDG;

-plus on augmente la quantité d'huile d'olive dans le SBDG, plus l'IG de ce sirop va diminuer.

Ces résultats sont confortés par ceux rapportés par la bibliographie.

En effet, l'addition des lipides aux produits glucidiques comme le sirop de datte, diminue la vidange gastrique, diminue l'absorption de glucose exogène et module ainsi la glycémie postprandiale. Ce qui par conséquent diminue donc l'IG de ces produits (**VORS et al., 2013**).

Ainsi la vitesse de vidange gastrique joue un rôle important dans la modification de la réponse glycémique, et donc dans l'index glycémique mesuré (**BERRY et al., 2003 ; SCHEEN et PAQUOT, 2006 ; ANONYME, 2004 (2)**).

La vidange gastrique est ralentie par les lipides et les fibres, les acides et dans une moindre mesure les protéines (DAVID, 2011 ; ANONYME, 2004(2)). L'efficacité des graisses dans le ralentissement de vidange gastrique a été montrée, en utilisant un marquage des pâtes alimentaires par le carbone 13, que l'apparition du glucose venu des pâtes était ralentie par l'ajout d'huile à ces pâtes (ANONYME, 2004 (2)).

Dans ce contexte, l'huile d'olive est riche en antioxydants en particulier les polyphénols, qui permettent de prévenir et de traiter les maladies cardiovasculaires, le diabète et le cancer.

Des études de HAMDEN *et al.*, 2009 montrent que les polyphénols d'olive semblent efficaces contre l'hyperglycémie et dans la prévention des complications diabétiques associées au stress oxydatif (BENBEMLIH et GHANAM, 2012).

L'huile d'olive semble donc contribuer à l'abaissement d'IG de sirop de dattes.

3-4-4-3-Index glycémique des SBDG additionnés de spiruline

L'IG de SBDG additionné de 1%, 2% et 3% de spiruline est égale à 62.37 ± 1.00 , 61.05 ± 1.17 et 59.87 ± 1.60 respectivement.

Ces résultats sont de nature à suggérer que l'addition de spiruline au SBDG entraîne une diminution de son index glycémique. Cette diminution est proportionnelle à la quantité de spiruline ajoutée.

Ces résultats se rapprochent de ceux rapportés par MIMOUNI (2015), selon lequel l'index glycémique du SBDG additionné de 1% et 2% de spiruline seraient égal à 56.03 % et 55.22 % respectivement (versus 61% pour le SBDG).

L'analyse de variance (ANOVA) montre une différence très hautement significative entre le SBDG, le SBDG à 1%, 2%, et 3% d'Sp au seuil < 0.001 .

Le test de Tukey montre une différence très hautement significative entre le SBDG et le SBDG + 3% Sp au seuil < 0.001 , une différence hautement significative entre le SBDG et le SBDG + 2% Sp au seuil < 0.01 , et une différence hautement significative entre le SBDG + 1% Sp et le SBDG + 3% Sp au seuil < 0.01 .

Toutefois, il montre une différence non significative entre les autres sirops deux à deux au seuil > 0.05 .

A partir d'analyse statistique de ces produits, il en ressort que:

-l'addition d'un pourcentage de 3% de spiruline donne l'index glycémique le plus significativement différent au SBDG;

-plus on augmente la quantité de spiruline dans le SBDG, plus l'IG de ce sirop va diminuer.

La spiruline est particulièrement riche en protéines, dont le taux peut atteindre jusqu'à 70 % du poids sec de l'algue. Ce pourcentage est bien plus élevé que celui du poisson (25%), du soja (35%), de la poudre de lait (35%) et des céréales (14%) (**CHARPY *et al.*, 2008 ; PIERLOVISI, 2008**).

L'addition de protéines aux produits glucidiques affecte la réponse glycémique de ces produits en abaissant l'index glycémique (**VORS *et al.*, 2013**).

Les protéines sont les macronutriments qui exercent l'effet satiétogène le plus important, suivi par les hydrates de carbone, alors que les lipides n'ont qu'un faible effet (**PAN et HU, 2012 ; FROMENTIN *et al.*, 2011**).

Les études ont démontré que l'enrichissement d'un repas en protéines augmente le rassasiement induit par ce repas, et réduit la prise alimentaire lors du repas suivant (**FROMENTIN *et al.*, 2011**). En effet, les protéines envoient rapidement des messages aux centres cérébraux de la satiété qui signalent à l'organisme qu'il a assez mangé. Pour cette raison, certains diététiciens proposent aux individus qui veulent perdre du poids de commencer leurs repas par les protéines afin de combler rapidement leur appétit et éviter de trop manger (**URSELL, 2002**).

La spiruline est riche aussi en vitamines, minéraux et acides gras essentiels (**BELAY *et al.*, 2002 ; GAESE, 2012 ; KAMENIDOU *et al.*, 2011 ; HOSEINI *et al.*, 2013**). Il permet donc d'équilibrer l'alimentation par ses apports en micronutriments, et de diminuer le cholestérol grâce aux acides gras polyinsaturés et à la vitamine E (**LANGLADE *et al.*, 2008**).

Des études ont été faites sur l'action anti-inflammatoire de spiruline, dans la prévention de l'athérosclérose, et sur la diminution du diabète.

D'autres études de **TAKAI *et al.* (1991)** et **BECKER *et al.* (1986)**, montrent que la spiruline permet de diminuer le taux de glucose dans le sérum, et de réduire du poids corporel chez les obèses (**BELAY *et al.*, 2002**).

A partir de tous ces travaux et les résultats obtenus nous pouvons conclure que la spiruline a effectivement contribué à l'abaissement d'IG de sirop de dattes.

3-4-4-4-Comparaison entre IG de SBDG additionné de l'huile d'olive et IG de SBDG additionné de la spiruline

Les résultats obtenus avec SBDG additionné de l'huile d'olive semblent proches de ceux obtenus par SBDG additionné de spiruline. Mais les index glycémiques de sirops de dattes obtenus après l'addition de spiruline semblent plus intéressants.

L'analyse de variance (ANOVA) montre une différence très hautement significative entre les sept sirops testés au seuil < 0.001 .

Le test de Tukey montre une différence hautement significative entre le SBDG et le SBDG + 3% HO au seuil < 0.01 . Mais, il montre une différence très hautement significative entre le SBDG et le SBDG + 3% Sp au seuil < 0.001 .

L'analyse statistique montre que l'addition de spiruline au SBDG diminue significativement son index glycémique plus que l'addition de même quantité en huile d'olive.

L'huile d'olive et la spiruline sont des produits diététiques par excellence et à forte valeur ajouté. Mais l'efficacité de spiruline semble être due à sa composition.

En effet, la spiruline est une excellence source de macro et de micronutriments (LANGLADE *et al.*, 2008 ; PIERLOVISI, 2008 ; HOSEINI *et al.*, 2013). En plus de sa richesse en protéines, elle renferme des lipides (représentent de 5.6 à 7% du poids sec), des glucides (représentent de 15 à 25% du poids sec) (FALQUET et HURNI, 2006 ; CHARPY *et al.*, 2008 ; PIERLOVISI, 2008) et des fibres (représentent de 5 à 8% du poids sec) (HABIB *et al.*, 2008 ; GAESE, 2012).

Les lipides contribuent avec les protéines à l'abaissement d'IG des sirops additionnés de spiruline. Les fibres aussi ont un effet observé sur la glycémie en diminuant la réponse postprandiale (KWAN, 2005 ; BASDEVANT *et al.*, 2001 ; VORS *et al.*, 2013).

La présence des fibres permet d'augmenter la viscosité du bol alimentaire et donc à un ralentissement de la vidange gastrique et à une réduction de l'absorption des nutriments dont le glucose (VORS *et al.*, 2013).

De plus, la consommation des fibres pourrait augmenter à long terme la sensibilité à l'insuline, et permet aussi une meilleure gestion du diabète (BASDEVANT *et al.*, 2001).

3-5-Charge glycémique des sirops de dattes

La charge glycémique est calculée en multipliant l'index glycémique par la quantité de glucides contenus dans la portion servie de l'aliment (FERLAND et POIRIER, 2006 ; DAVID, 2011).

Cette notion englobe à la fois les aspects qualitatifs et quantitatifs des glucides d'un aliment mais n'informe pas sur la complexité des interactions entre nutriments dans le bol alimentaire (DAVID, 2011).

Les aliments sont classés selon leur charge glycémique (CG) en trois catégories :

- aliment à charge glycémique basse (CG < 10) ;
- aliment à charge glycémique moyenne (11 < CG < 19);
- aliment à charge glycémique élevée (CG > 20) (BASEDEVANT, 2001).

La charge glycémique(CG) du SBDG enregistré dans la présente étude est égale à 44.77. La CG des SBDG additionnés de 1%, 2% et 3% d'huile d'olive est égal à 43.74, 42.45 et 41.23 respectivement.

Ainsi que, la CG des SBDG additionnés de 1%, 2% et 3% de spiruline est égal à 43.74, 42.49 et 41.37et respectivement.

Il ressort que les sirops testés sont des aliments à charge glycémique élevée, puisque ils présentent une charge glycémique supérieure à 20.

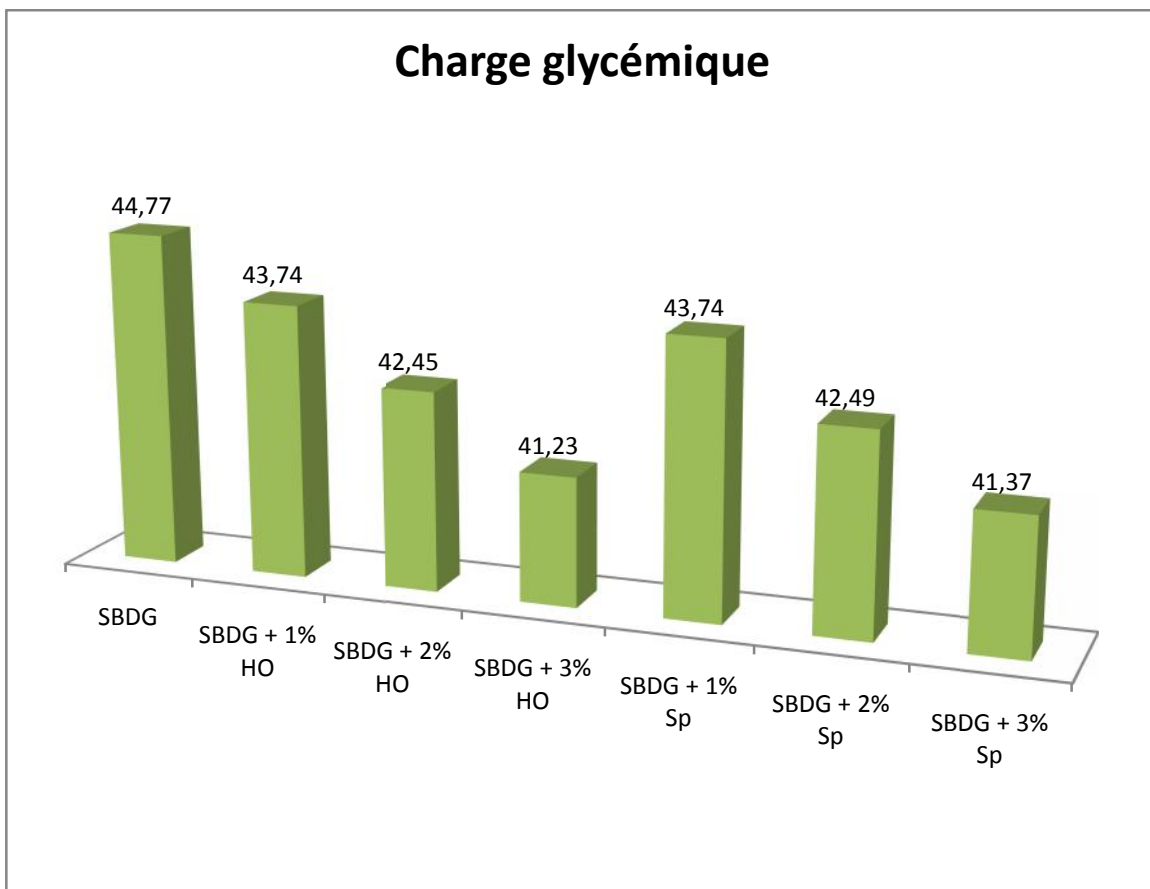


Fig.12- Charge glycémique des aliments testés.

Ces résultats semblent supérieurs que ceux rapportés par MIMOUNI (2015), selon laquelle la CG du SBDG serait de l'ordre de 21.96. Ainsi que, la CG des SBDG additionnés de 1% et 2% de spiruline rapporté par le même auteur est de l'ordre de 20.01 et 19.72 respectivement.

La différence entre les résultats obtenus dans la présente étude et ceux obtenus par MIMOUNI (2015) semble due au fait que, lors du calcul de la charge glycémique des sirops de dattes, l'auteur a pris en considération la quantité des glucides disponibles, plus précisément celle du glucose et non pas celle des glucides totaux.

Les résultats montrent que l'addition d'huile d'olive et de spiruline entraîne une diminution de la charge glycémique de SBDG. Cette diminution est proportionnelle à la quantité d'huile d'olive et de spiruline ajoutée.

En effet, pour un même index glycémique, plus un aliment est riche en macronutriments autres que les glucides comme les lipides, les fibres et les protéines, plus petite sera la charge glycémique et moins il y aura d'influence sur la glycémie (DAVID, 2011).

3-6-Analyse sensorielle

Le but de cette analyse est de décrire le profil organoleptique et de déterminer la qualité hédonique des produits expérimentaux.

Parallèlement, les résultats obtenus permettront de déterminer l'effet de l'addition d'huile d'olive et celle de la spiruline sur les caractéristiques organoleptiques, et donc sur la qualité hédonique des sirops.

3-6-1-Qualité organoleptique

Cette mesure est réalisée par un panel de 15 sujets préalablement sélectionnés et entraînés. Ce panel est utilisé comme un instrument de mesure des principales caractéristiques organoleptiques à savoir la couleur, l'odeur et la saveur des sirops.

3-6-1-1-Critère couleur

La couleur joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité d'un produit. C'est une des premières impressions d'un aliment (NOUT *et al.*, 2003).

Le panel de dégustation dans sa majorité a jugé que le SBDG et les SBDG additionnés d'huile d'olive étaient caractérisés par une couleur marron foncé.

La couleur des SBDG additionnés de 2% et 3% de spiruline a été jugée par la majorité comme étant vert foncé, tandis que plus de 60% des panélistes ont attribué au SBDG additionné de 1% de spiruline la couleur marron (Tableau IX).

On peut dire que selon le panel de dégustation l'addition d'huile d'olive au sirop de dattes n'entraîne pas un changement de sa couleur. Il en est de même pour l'addition de spiruline à 1%.

La couleur verte des échantillons de **SBDG +2% Sp** et **SBDG +3% Sp** est due aux pigments de la spiruline représentés par la chlorophylle A, les caroténoïdes et la phycocyanine (**PIERLOVISI, 2008**).

3-6-1-2-Critère odeur

Les panélistes ont détecté à l'unanimité l'odeur de la datte dans le **SBDG**.

Le **SBDG + 1% HO** a été caractérisé par une odeur de dattes prononcée par 93.33% de panélistes.

Le **SBDG + 2% HO** a été caractérisé par une odeur de dattes plus ou moins prononcée par 93.33% de panélistes.

Le **SBDG + 3% HO** a été caractérisée par une odeur d'huile d'olive perceptible par 66.66% des panélistes, et une odeur de dattes plus ou moins prononcée détectée par 73.33% d'entre eux.

Le **SBDG +1% Sp** a été caractérisée par une odeur peu perceptible de spiruline (66.66%).

Le **SBDG +2% Sp** et le **SBDG +3% Sp** ont été caractérisées par une odeur perceptible de spiruline perçue par 80% et 86.66% des panélistes respectivement (Tableau IX).

Les résultats montrent que l'odeur de l'huile d'olive dans le sirop de dattes n'est décelée qu'avec l'addition de quantité d'huile d'olive supérieure ou égale 2%.

La perception de l'odeur de spiruline a lieu dans tous les SBDG additionnés de spiruline. Cela semble dû à l'odeur spécifique de la spiruline séchée, car la spiruline fraîche ne présente pratiquement aucune odeur et aucun goût. L'odeur de la spiruline rappelle celle des algues et des champignons (**FALQUET. et HURNI, 2006**).

3-6-1-3-Critère saveur

Le panel de dégustation a jugé dans sa majorité que le SBDG et les SBDG additionnés d'huile d'olive étaient caractérisés par une saveur fruitée de dattes prononcée et un goût très sucré, tandis que, les SBDG additionnés de spiruline présenteraient une saveur légèrement fruitée et un goût plus ou moins sucré

On note que, 33.33% seulement de panelistes ont perçu un goût légèrement acide dans les **SBDG + 2% HO** et **SBDG + 3% HO**. Il semblerait que cela soit dû à la qualité de l'huile d'olive utilisée.

On note par ailleurs que 20% seulement du panel ont détecté une légère salinité dans les SBDG additionnés de spiruline probablement conférée par les minéraux présents dans la spiruline.

Les résultats obtenus montrent que l'addition d'huile d'olive au SBDG n'affecte pas sa saveur, tandis que l'addition de la spiruline affecte quelque peu la saveur fruitée et le goût sucré du SBDG.

Tableau IX : Analyse des caractéristiques organoleptiques des sirops.

Attributs / Echantillons		SBDG	SBDG +1% HO	SBDG +2% HO	SBDG +3% HO	SBDG +1% Sp	SBDG +2% Sp	SBDG +3% Sp
Couleur	marron claire	40	26.66	20	26.66	20	0	0
	marron foncé	60	73.33	80	73.33	46.66	0	0
	vert clair	0	0	0	0	33.33	33.33	6.66
	vert foncé	0	0	0	0	0	66.66	93.33
Odeur	dattes prononcé	53.33	93.33	53.33	33.33	0	0	0
	dattes légère	46.66	6.66	40	40	20	20	13.33
	HO prononcé	0	0	13.33	66.66	0	0	0
	HO légère	0	26.66	26.66	6.66	0	0	0
	SP prononcé	0	0	0	0	26.66	80	86.66
	SP légère	0	0	0	0	66.66	20	13.33
Saveur (goût)	Fruité prononcé	73.33	66.66	53.33	53.33	26.66	26.66	20
	léger fruité	26.66	26.66	33.33	13.33	46.66	33.33	40
	très sucré	66.66	80	80	66.66	46.66	66.66	40
	légèrement sucré	26.66	13.33	20	20	40	26.66	40
	très acide	6.66	6.66	0	6.66	0	0	6.66
	un peu acide	6.66	13.33	33.33	33.33	13.33	20	20
	très salé	0	0	0	0	6.66	13.33	0
	un peu salé	6.66	6.66	0	0	20	20	26.66

3-6-2-Qualité hédonique

L'approche hédonique évalue le degré de plaisir procuré par un produit en déterminant les proportions de consommateurs préférant un produit à un autre (**LEFEBVRE et BASSEREAU., 2003**).

Les résultats obtenus pour l'acceptabilité générale du SBDG et des SBDG additionnés d'huile d'olive sont les suivants (figures 13, 14, 15, 16, 17, 18 et 19) :

- le **SBDG** a été jugé par 79.99% du panel comme étant extrêmement agréable à agréable ;
- le **SBDG + 1% HO** a été jugé par 93.32% du panel comme étant extrêmement agréable à agréable ;
- le **SBDG + 2% HO** a été jugé par 60% du panel comme étant extrêmement agréable à agréable, et par 40% comme étant assez agréable à ni agréable ni désagréable ;
- le **SBDG + 3% HO** a été jugé par 60% du panel comme étant très agréable à agréable, et par 33.33% comme étant assez agréable à ni agréable ni désagréable ;

Les résultats obtenus pour l'acceptabilité générale des SBDG additionnés de la spiruline sont les suivants :

- le **SBDG + 1% Sp** a été jugé par 40% du panel comme étant très agréable à agréable, et par 53.34% comme étant assez agréable à désagréable ;
- le **SBDG + 2% Sp** a été jugé par 39.99% du panel comme étant agréable à assez agréable, et par 39.99% comme étant désagréable à très désagréable ;
- le **SBDG + 3% Sp** a été jugé par 39.99% du panel comme étant agréable à assez agréable, et par 39.99% comme étant désagréable à extrêmement désagréable.

D'après les résultats obtenus, il ressort que :

- le SBDG et les SBDG additionnés d'huile d'olive sont plus appréciés par les dégustateurs que les SBDG additionnés de spiruline ;
- le **SBDG + 1% HO** est le sirop le plus apprécié, suivi par le **SBDG**, **SBDG + 2% HO**, **SBDG + 3% HO** respectivement ;
- le **SBDG + 1% Sp** est plus apprécié que les deux autres sirops additionnés de spiruline ;
- le **SBDG + 3% Sp** est le sirop le moins apprécié.

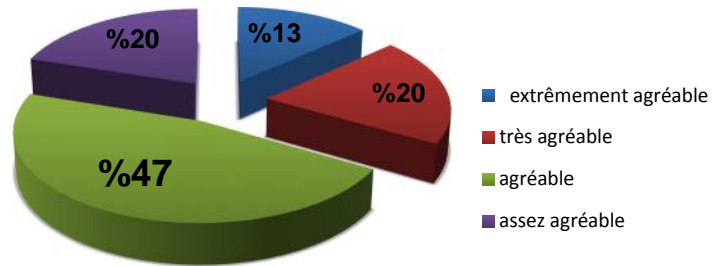


Fig.13-Qualité hédonique de SBDG

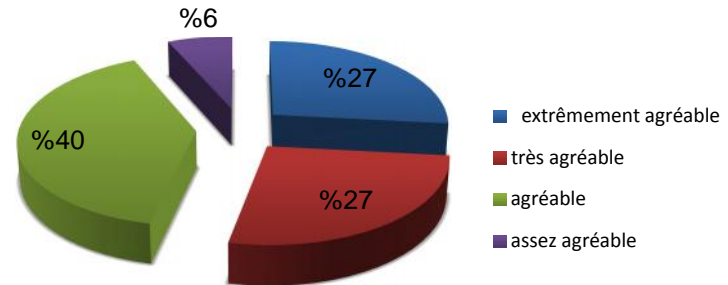


Fig.14-Qualité hédonique de SBDG + 1% HO

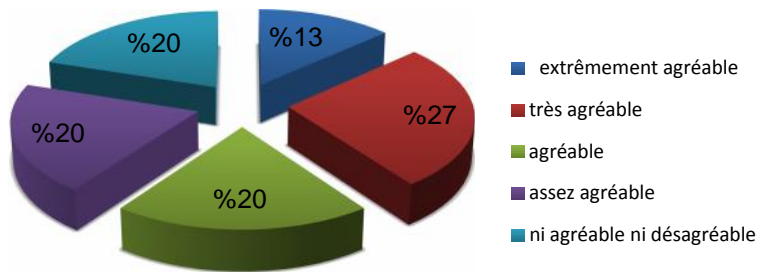


Fig 15-Qualité hédonique de SBDG + 2% HO

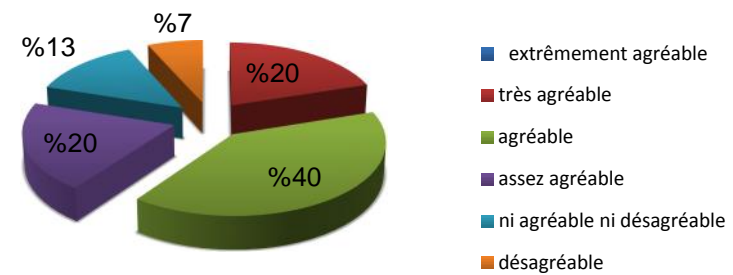


Fig 16-Qualité hédonique de SBDG + 3% HO

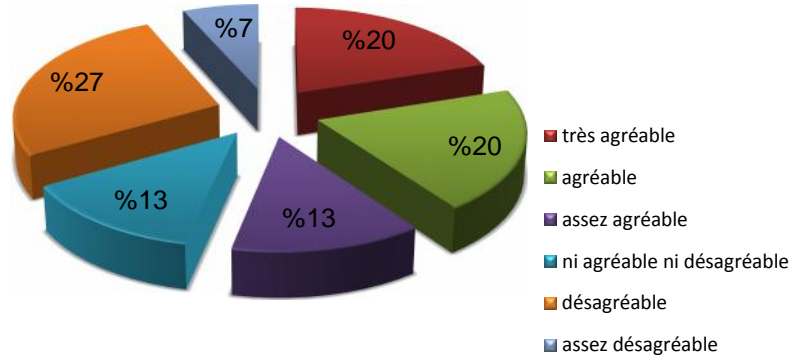


Fig 17-Qualité hédonique de SBDG + 1% Sp

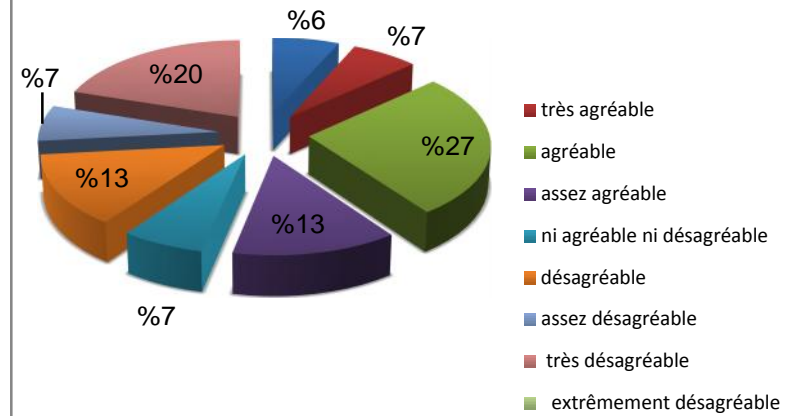


Fig 18-Qualité hédonique de SBDG + 2% Sp

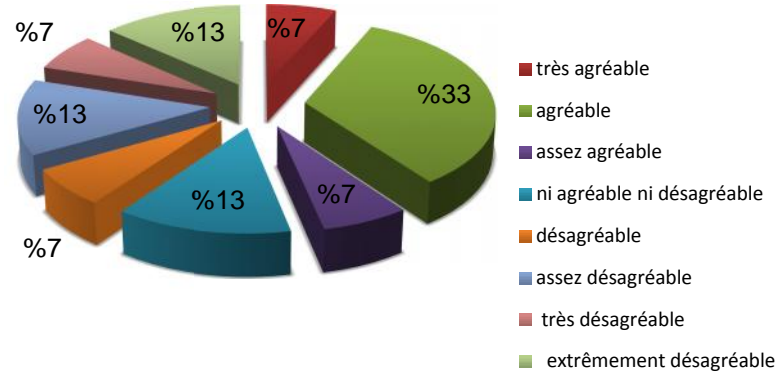


Fig 19-Qualité hédonique de SBDG+ 3% Sp

Les huiles améliorent le goût des aliments, et leur donnent une texture agréable au palais (URSELL, 2002). Ce qui conforte l'appréciation des panelistes concernant le **SBDG + 1% HO**.

Parallèlement, la bonne qualité hédonique du **SBDG + 1% HO** semble due à la faible perception de la flaveur de l'huile d'olive comparativement au **SBDG + 2% HO** et **SBDG + 3% HO**.

L'acceptation moindre des sirops additionnés de spiruline par rapport aux autres sirops semble due à la flaveur prononcée de la poudre de spiruline (FALQUET. et HURNI, 2006).

Parallèlement, l'intensité de la couleur verte de la spiruline et son pouvoir colorant seraient l'origine de l'inacceptation de sirops en question (FALQUET. et HURNI, 2006).

L'intensité de la flaveur et de la couleur de la spiruline augmente avec la quantité ajoutée au sirop, ce qui explique l'appréciation moindre du **SBDG + 3% Sp** par rapport aux autres sirops additionnés de spiruline.

L'analyse en composantes principales (ACP) permet de regrouper les sirops qui se ressemblent du point de vue qualité organoleptique et qualité hédonique.

Elle permet de classer les sirops en trois groupes (Fig.20) :

- le 1^{er} groupe englobe le **SBDG** (sirop 1) et les **SBDG** additionnés d'huile d'olive (sirop 2, sirop 3 et sirop 4) ;
- le 2^{ème} groupe englobe le **SBDG +2% Sp** et le **SBDG +3% Sp** (sirop 6 et sirop7) ;
- le 3^{ème} groupe représenté par le **SBDG +1% Sp** (sirop5).

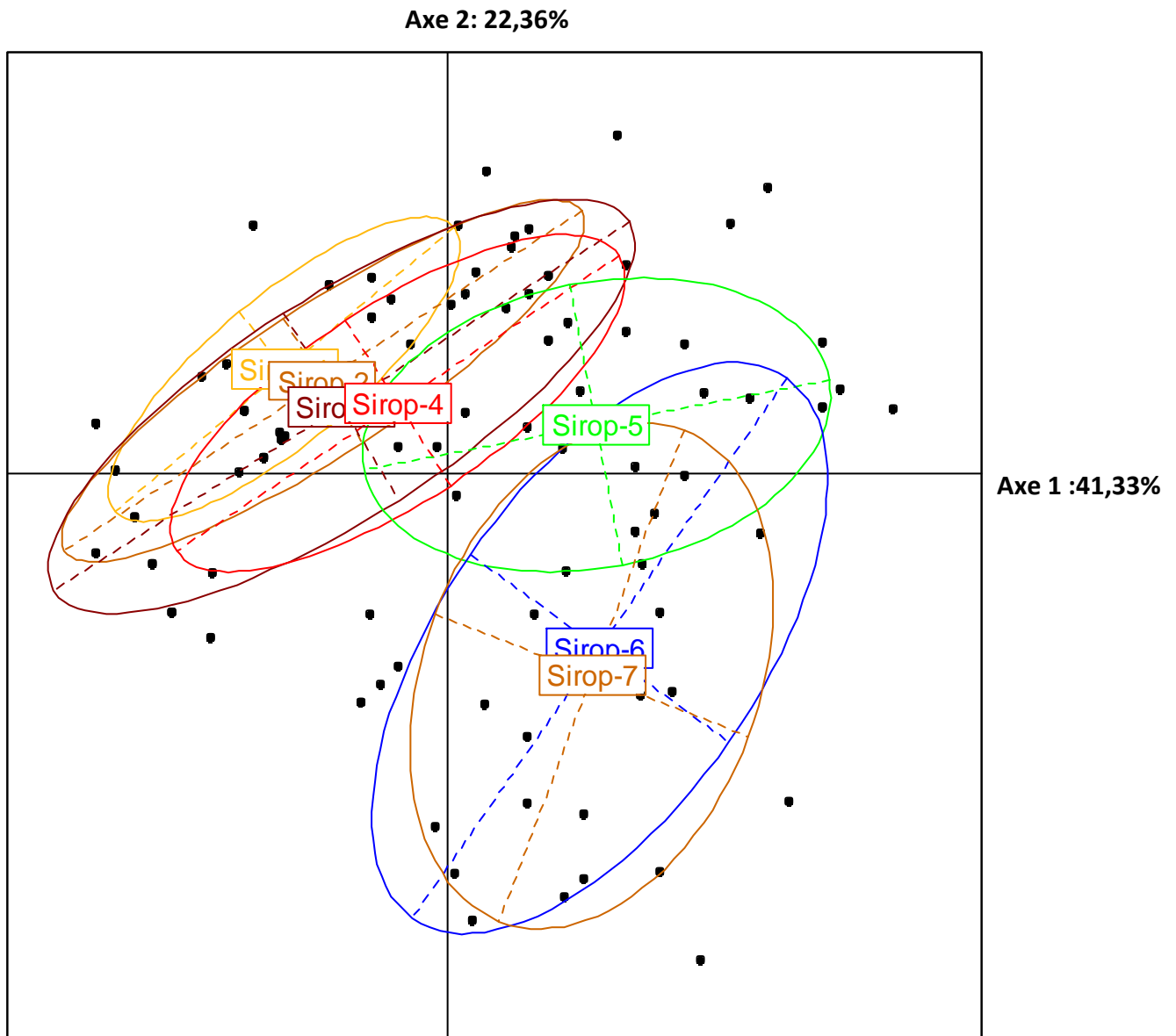


Fig.20 -Représentation graphique de ACP des nuages de points en interrelation représentant les individus et les variables.

L'analyse de l'ACP (Fig.21) montre que :

- le regroupement du SBDG et les SBDG additionnés d'huile d'olive dans un même groupe est dû à leur ressemblance dans toutes les caractéristiques sensorielles.
- le regroupement du **SBDG +2% Sp** et le **SBDG +3% Sp** dans un même groupe est due à leur ressemblance dans la couleur et la qualité hédonique.
- le **SBDG +1% Sp** constitue un groupe à part à cause de sa saveur.
- l'attribut odeur n'explique ni la ressemblance ni la différence entre les sirops.

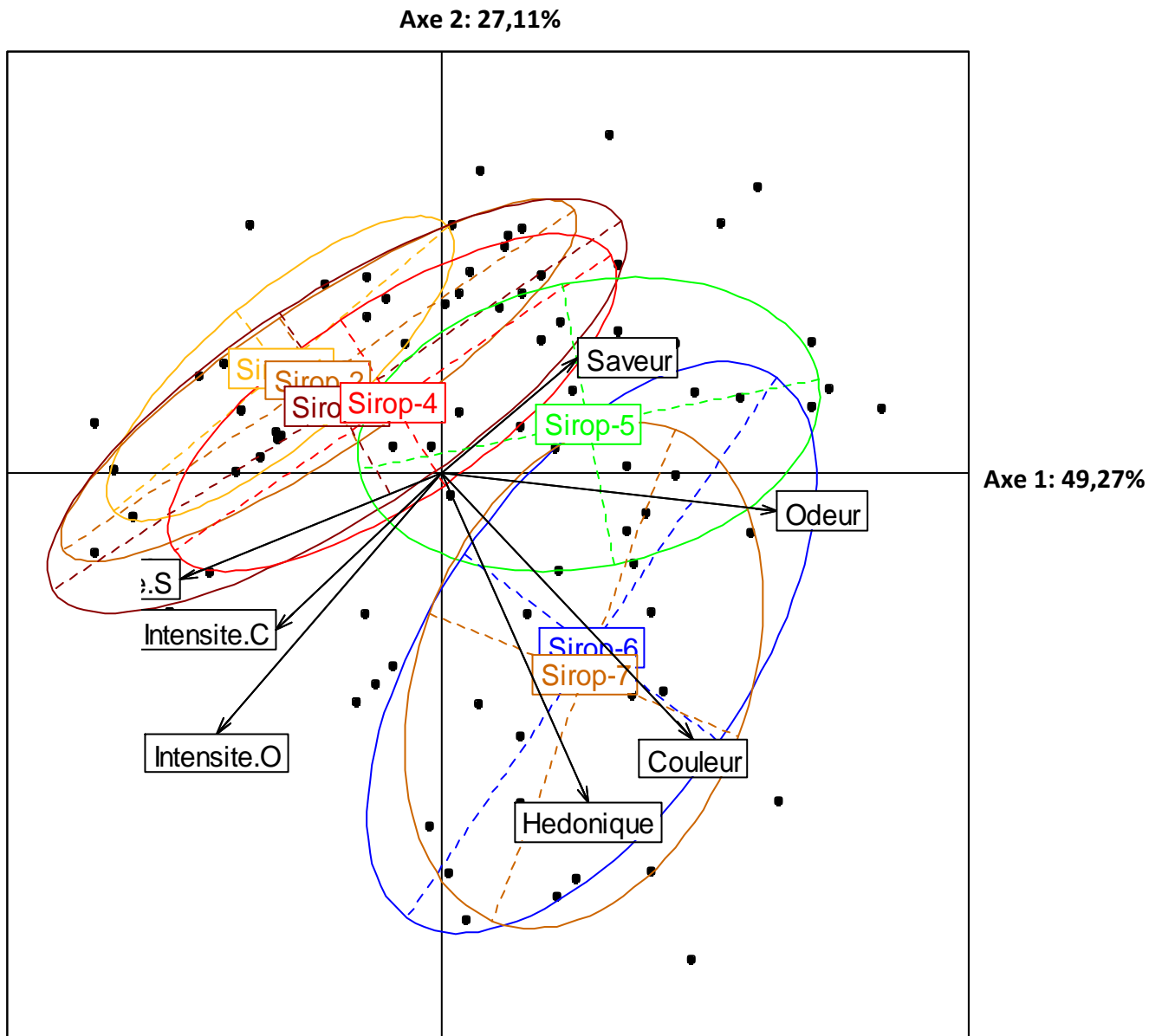


Fig.21 -Représentation graphique de l'ACP précisant les attributs définissant la ressemblance entre les sirops.

D'après tous ces résultats, il ressort que :

- l'addition d'huile d'olive au SBDG dans le but d'abaisser son index glycémique, n'affecte pas sa qualité organoleptique, ni hédonique ;
- l'addition de spiruline au SBDG dans le but d'abaisser son IG affecte sa qualité organoleptique et hédonique.

Conclusion

Conclusion

Bien que les dattes ne fassent pas l'objet de transformations en produits à valeur ajoutée sur une échelle semblable à celles des autres fruits, elles constituent une matière première pour l'élaboration d'un grand nombre des produits, en l'occurrence les sirops.

Ces derniers se caractérisent par une bonne qualité organoleptique et une composition glucidique comparable à celle des isomérozes ou HFCS destinés aux diabétiques et/ou aux obèses. Dans ce contexte, le sirop brut de dattes Ghars (SBDG) présente un index glycémique modéré. Il ne provoque donc pas une élévation importante de la glycémie post prandiale.

L'objectif de la présente étude vise une amélioration des propriétés glycémiantes du SBDG par addition d'une source lipidique (huile d'olive à raison de 1, 2 et 3%) et d'une source protéinique (Spiruline à raison de 1, 2 et 3%). L'évaluation de l'effet de ces incorporations sur la qualité nutritionnelle, diététique et organoleptique du SBDG est également réalisée.

La méthode adoptée pour son élaboration consiste en une diffusion passive des substances solubles des dattes dans de l'eau maintenue à 80°C pendant 24 heures, suivie d'une condensation à 60°C jusqu'à l'obtention du sirop de 72-74 °Brix. C'est une technique simple et peu coûteuse et les rendements obtenus sont intéressants (53.54 % environ).

La teneur en eau du produit obtenu est égale à 29.8 % et son pH à 4.77. Il renferme 70.66% de glucides, 1.24% de protéines, 1.45% de matière grasse et 0.80% de cendres. Son index glycémique est modéré (63.37) et sa charge glycémique est élevée (44.77).

L'addition d'huile d'olive au SBDG a entraîné une légère diminution de sa teneur en eau et de son pH. Ce qui pourrait augmenter sa durée de conservation.

Une diminution de la teneur en sucres et une augmentation de la teneur en lipides ayant permis de diminuer l'IG du SBDG est constatée, d'où amélioration de son IG et de sa CG et donc de sa qualité diététique en plus de sa qualité nutritionnelle.

L'ACP a permis de regrouper le SBDG et les SBDG additionnés de 1%, 2% et 3% d'huile d'olive dans un même groupe. Ceci est de nature à suggérer que l'addition d'huile d'olive n'affecte pas la qualité organoleptique et hédonique du sirop brut de dattes Ghars, mais qu'au contraire elle permet de l'améliorer notamment dans le cas d'addition d'1% de l'huile d'olive.

L'addition de spiruline au SBDG a entraîné une légère diminution de sa teneur en eau et une augmentation de sa teneur en cendres.

Une diminution de la teneur en sucres et une augmentation de la teneur en protéines ayant permis de diminuer l'IG du SBDG est constatée, d'où amélioration de son IG et de sa CG (qualité diététique) en plus de sa qualité nutritionnelle.

L'analyse sensorielle des SBDG additionnés de 1%, 2% et 3% de spiruline montre que l'addition de spiruline affecte la qualité organoleptique et hédonique du sirop de dattes. Cela semble être dû à la forte saveur de la spiruline et de son pouvoir colorant.

En définitif, les résultats obtenus montrent que l'addition de spiruline au SBDG diminue plus son index glycémique que celle de l'huile d'olive dans les mêmes proportions. Toutefois, l'addition d'huile d'olive n'affecte pas comme dans le cas de la spiruline la qualité organoleptique et hédonique du SBDG d'où son intérêt.

Enfin, on peut conclure que l'addition d'huile d'olive permet d'augmenter la valeur nutritive du sirop de dattes, d'améliorer sa qualité diététique et de préserver sa qualité organoleptique et hédonique.

Cependant, cette étude nécessite des investigations plus approfondies. Nous préconisons à cet effet les recommandations suivantes :

- augmentation de la quantité d'huile d'olive ajoutée au sirop de dattes (> 3%), pour abaisser plus son index glycémique, et relever par conséquent sa qualité diététique ;
- utilisation de sources protéiques autres que de spiruline susceptibles d'abaisser l'IG du sirop de dattes sans affecter sa qualité organoleptique et hédonique comme par exemple la poudre de lait ;
- utilisation de fibres telles que les pectines permettant d'abaisser aussi son IG ;
- utilisation d'acides organiques (acides acétique, citrique...etc.) permettant également d'abaisser l'IG de sirop ;
- consommation simultanée d'aliments riches en fibres (pain complet, pain de son ... etc.), d'huile d'olive, de lait et dérivés avec le sirop de dattes.

*Références
bibliographiques*

Référence bibliographiques

- 1-ACOURENE S., et TAMA M. (2001).** Utilisation des dattes de faible valeur marchande (Rebuts de Deglet-Nour, Tinissine et Tantboucht) Comme Substrat pour la Fabrication de la Levure Boulangère. *Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse*, 1-10.
- 2-AFNOR (2000).** Directives générales pour la réalisation d'épreuves hédoniques en laboratoire d'évaluation sensorielle ou en salle en conditions contrôlées impliquant des consommateurs. In. *AFNOR, recueil de normes, Analyse sensorielle*, 6^{ème} édition.
- 3-AFNOR. (1977).** Aliments des animaux. Dosage des cendres brutes. NF V 18-101.
- 4-AFNOR. (1982).** Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes, jus de fruits. Ed. AFNOR.
- 5-AL FARSI M. A., et LEE C. Y. (2008).** Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry*. 108, 977 - 985.
- 6-AL- SHAHIB W., et MARSHALL R.J. (2003).** The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future?. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Ed. Taylor & Francis Ltd. 54 (4), 247-259.
- 7-ALANAZI F. K. (2010).** Utilization of date syrup as a tablet binder, comparative study. *Saudi Pharmaceutical Journal*. V. 18, 81-89.
- 8-AL-EID S. M. (2007).** Chromatographic Separation of Fructose from Date Syrup. Proc. IIIrd IC on Date Palm. 511 - 522.
- 9-AL-HOOTI S. N., SIDHU J. S., AL-SAQER, J. M., et AL-OTHMAN A. (2002).** Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. *Food Chemistry*. Ed. Elsevier. V.79, 215–220.
- 10-ALKAABI J M, AL-DABBAGH B, AHMAD S, SAADI H F, GARIBALLA S et AL GHAZALI M (2011).** Glycemic indices of five varieties of dates in healthy and diabetic subjects. *Nutrition Journal*, 10(59), 1-9.
- 11-AL-ORF S.M., AHMED M.H.M., AL- ATWAI N., AL ZAIDI H., DEHWAH A., et DEHWAH S. (2012).** Nutritional Properties and Benefits of the Date Fruits (*Phoenix dactylifera L.*). *Bulletin of the National Nutrition Institute of the Arab Republic of Egypt*. V. 39, 97 - 129.
- 12-ALVARENGA R. R., RODRIGUES P. B., CANTARELLI V. S., ZANGERONIMO M. G., DA-SILVA JÚNIOR J .W., DA-SILVA L. R., DOS-SANTOS L. M., PEREIRA. L. J R.(2011).** Energy values and chemical composition of spirulina (*Spirulina platensis*) evaluated with broilers. *Bras. Zootec.*, 40(5), pp.992-996.

- 13-AMOUYAL C. et ANDREELLI F. (2010).** Index glycémique et obésité. Réalités en nutrition et en diabétologie. 13-16.
- 14-ANCELLIN R. et SAUL C. (2004).** Glucides et santé: Etat des lieux, évaluation et recommandations. Ed. AFSSA, 1-167.
- 15-ANJUM F.M., BUKHAT S.I., EL-GHORAB A.H., KHAN M.I., NADEEM M., HUSSAIN S., et ARSHAD M.S. (2012).** Phytochemical characteristics of Date Palm (*Phoenix dactylifera*) fruit extracts. *Pakistan Journal of Food Sciences*. 22 (3), 117 - 127.
- 16-ANONYME (2008).** Graisses et acides gras dans la nutrition humaine: Rapport d'une consultation d'experts. Ed. FAO: alimentation et nutrition, 1-178.
- 17-ANONYME. (2004 (1)).** Le point sur L'évaluation sensorielle des fruits et légumes frais. Ctifl, 1-4.
- 18-ANONYME. (2004(2)).** Glucides et santé : Etat des lieux, évaluation et recommandations. Ed. L'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 1-121.
- 19-ANONYME. (2012).** Health benefits of olives and olive oil. A review of the research. Ed. International Olive Council, 1-11.
- 20-ANONYME. (2014).** Sirop de glucose-fructose / isoglucose: de quoi s'agit-il ?. L'avis de l'USIPA. 1- 4.
- 21-ARZATE A. (2005).** Extraction du sucre de betterave. Centre de recherche, de développement et de transfert technologique en acériculture. 1 - 40.
- 22-AUDIGIE C., DUPONT G., et ZONZAIN F. (1982).** Principe des méthodes d'analyse biochimique. T1, Ed. DOIN. Paris.
- 23-BALIGA M.S, BALIGA B.R.V., KANDATHIL S.M., BHAT H. P. et VAYALIL P.K. (2011).** A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera L.*). *Food Research International*. Ed. Elsevier Ltd. 44, 1812 - 1822.
- 24-BASDEVANT A., LAVILLE M. et LERBOURE E. (2001).** Traité de nutrition clinique de l'adulte. N.1. Ed. Médecine-Sciences Flammarion. Paris.
- 25-BATTU C. (2014).** La prise en charge nutritionnelle d'un adulte atteint de diabète de type 2. Actualités pharmaceutiques. Ed. Elsevier Masson SAS. 533, 57-60.
- 26-BAUER.W.J, BADOUD R., LOLIGER J. et ETOURNAUD A. (2010).** Science et technologie des aliments. Principes de chimie des constituants et de la technologie des procédés. Ed. Presses poly technologiques et universitaires. Romandes. Italie.
- 27-BELAY A. (2002).** The Potential Application of *Spirulina (Arthrospira)* as a Nutritional and Therapeutic Supplement in Health Management. *The Journal of the American Nutraceutical Association*. Ed. Springer. 5 (2), 27 - 48.

- 28-BELAY A., OTA Y., MIYAKAWA K. et SHIMAMATSU H. (1993).** Current knowledge on potential health benefits of Spirulina . *Journal of applied phycology*. V. 5, 235 - 241.
- 29-BENAHMED D. (2012).** Analyse des aptitudes technologiques de poudres de dattes (phoenix-dactylifera.l) améliorées par la spiruline. Etude des propriétés rhéologiques, nutritionnelles et antibactériennes. Doctorat. Technologie alimentaire. Université M'hamed Bougara-Boumerdes. 1-118.
- 30-BENBEMLIH M. et GHANAM J. (2012).** Polyphénols d'huile d'olive trésors santé. Etude scientifique. Polyphénols aux actions antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, antvieillissement et protectrices cardio-vasculaires. Macro pipetteur éditeur. Belgique.
- 31-BENCHABANE A., KECHIDA F., BELALOUI D., AOUDJIT R., et OULD EL HADJ M. D. (2012).** Valorisation de la datte par la formulation d'une boisson à base de lait et de jus d'orange. *Algerian journal of arid environment* . 2 (1), 25 - 35
- 32-BENCHELAH A.C. et MAKHA M. (2006).** Les dattes de la préhistoire de nos jours. Phytothérapie, Ethnobotanique. Ed. Springer. N 1, 43 - 47.
- 33-BENRACHOU N. (2013).** Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'Est algérien. Doctorat. Biochimie Appliquée. Université Badji Mokhtar Annaba, 1-85.
- 34-BENZIOUCHE S.E., et CHERIET F. (2012).** Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. Ed. New medit. N 4, 49 - 57.
- 35-BERRY M. K., RUSSO A., WISHART J.M., TONKIN A., HOROWITZ M. et JONES K.L. (2003).** Effect of solid meal on gastric emptying of, and glycemic and cardiovascular response to, liquid glucose in older subjects. *Am J Physiol*, 284, 655 - 662.
- 36-BOGDANOV S., LÜLLMANN C. et MARTIN P. (1997).** Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie*, 1-59.
- 37-BOUGUEDOURA N., BENKHALIFA A., et BENNACEUR M. (2008).** Le palmier dattier en Algérie: Situation, contraintes et apports de la recherche. Actes du 3e Séminaire du réseau AUF-BIOVEG, « Biotechnologies du palmier dattier ». Montpellier. IRD, 15-21.
- 38-BOUGUEDOURA N., BENNACEUR M., BABAHANI S., et BENZIOUCHE S.E. (2015).** Date Palm Genetic Resources and Utilization. *Africa and the Americas*. Ed. Springer Science et Business Media Dordrecht, 1 (125), 152.
- 39-BRANGER B., CADUDAL J.L., DELOBEL M., OUOBA H., YAMEOGO P., OUEDRAOGO D., GUERIN D., VALEA A., LES PERSONNELS DES CREN , ZOMBRE C., ANCEL P. (2003).** La spiruline comme complément alimentaire dans la malnutrition du nourrisson au Burkina-Faso. *Archives de pédiatrie*, V. 10, 424-431.

- 40-CARRALAFUENTE E. L. (2003).** Les bienfaits de l'huile d'olive. *Diabète et société*. 48 (4), 36 - 38.
- 41-CHANDRASEKARAN M., et BAHKALI A. H. (2013).** Valorization of date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit processing by-products and wastes using bioprocess technology. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 20, 105–120.
- 42-CHARPY L., LANGLADE M. J. et ALLIOD R. (2008).** La Spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique? ». IRD Institut de Recherche pour le Développement. 1-49.
- 43-CLAUSTRIAUX J. J. (2001).** Considérations sur l'analyse statistique de données Sensorielles. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 5 (3), 155–158.
- 44-CRUCHOT H (2008).** **La spiruline. Bilan et perspectives.** Thèse. Doctorat. Pharmacie. Université de FRANCHE-COMTE. p 13.
- 45-DAILLY H. (2008).** Le réfractomètre, un outil essentiel. Ed. abeilles & cie. 122, 30.
- 46-DAVID A. (2011).** Sucres naturels et extraits de fruits Propriétés et intérêts nutritionnels. V. 2, Ed. Nutritis S.A., 2^{ème} édi., 1 - 33.
- 47-DENG et CHOW T. J. (2011).** Hypolipidemic, Antioxidant and Antiinflammatory Activities of Microalgae *Spirulina*. *Cardiovascular Therapeutics*. 28 (4), 33- 45.
- 48-DJERBI M. (1994).** Précis de phoeniciculture. FAO. Rome.
- 49-EL-OGAIDI A.K.H. (2000).** Le palmier dattier science technologique Agronomique et industrielle. Ed. Dar ezahran, Oman.
- 50-EL-SHARNOUBY G. A., AL-EID S. M. ET AL-OTAIBI M. M. (2009).** Utilization of enzymes in the production of liquid sugar from dates. *African Journal of Biochemistry Research*. Ed. Academic Journals. V. 3, 41-47.
- 51-EL-SHARNOUBY G. A., ALEID S. M. et AL-OTAIBI M. M. (2014).** Production of liquid sugar from date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Fruits. *Advances in Environmental Biology*. 8 (10), 93 - 100.
- 52-ESPIARD E. (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed.TEC & DOC Lavoisier.
- 53-ESTANOVE P. (1990).** Note technique : Valorisation de la datte. Options Méditerranéennes. Les systèmes agricoles oasiens. Ed. CIHEAM, 11, 301 - 318.
- 54-FALQUET J. et HURNI J. P. (2006).** Spiruline, Aspects Nutritionnels. Antenna Technologies. 41.
- 55-FAO / WHO, (1997).** Carbohydrates in human nutrition. FAO.

- 56-FERLAND A. et POIRIER P. (2006).** L'indice glycémique des aliments: Relation avec obésité et diabète de type 2, le clinicien. 63-67.
- 57-FEZINY S. F. (2008).** Colloque international sur la spiruline - Toliara Sud-ouest de Madagascar «développement, formation et transfert technologique, en matière de culture de la spiruline ». Effets bénéfiques de la spiruline: suivi des différents cas de maladie en milieu urbain pour la période 2006-2008, 51-59.
- 58-FOSTER-POWELL K., HOLT S H., et BRAND-MILLER J C. (2002).** International table of glycemic index and glycemic load values: P 27.
- 59-FRANCO M. N., GALEANO-DIAZ T., LOPEZ O., FERNANDEZ-BOLANOS J. G., SANCHEZ J., DE MIGUEL C., Gil M. V., et MARTIN-VERTEDOR D. (2014).** Phenolic compounds and antioxidant capacity of virgin olive oil. *Food Chemistry*. 163. 289–298.
- 60-FRENOT M. et VIERLING E. (2001).** Biochimie des aliments, diététique du sujet bien portant. 2^{ème}. Ed. DOIN éditeurs, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 21-22.
- 61-FROMENTIN G., DARCEL N., LESDEMA A., RASOAMANANA R., CHAUMONTET C., GAUDICHON C., TOME D., et MARSSET-BAGLIERI A. (2011).** Protéines lactières et satiété, contrôle du comportement alimentaire. *Innovations Agronomiques*. V.13, 57-70.
- 62-GAESE H. (2012).** Chemical Composition and Potential Application of *Spirulina platensis* Biomass. *International Journal of Agr. & Env.* 4, 32-40.
- 63-GANBI H. H. A. (2012).** Production of Nutritious High Quality Date (*Phoenix dactylifera*) Fruits Syrup (Dibs) by using some Novel Technological Approaches. *Journal of Applied Sciences Research*. 8 (3), 1524 -1538.
- 64-GLASSMAN G (2002).** Glycemic Index. *CrossFit Journal*. N 3, 1-2.
- 65-GOMEZ-ROMERO M., GARCIA-VILLALBA R., CARRASCO-PANCORBO A. et FERANDEZ-GUTIERREZ A. (2012).** Metabolism and Bioavailability of Olive Oil Polyphenols, Olive Oil - Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions. Ed. Dr. Dimitrios Boskou, 333.
- 66-HABIB M.A.B., Parvin, M., Huntington T.C., et Hasan M.R. (2008).** A review on culture, production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*. Ed. FAO, 1034, 33
- 67-HABIBI-NAJAFI M. B., et ALAEI Z. (2006).** Rheological Properties of Date Syrup/Sesame Paste Blend. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. Ed. IDOSI Publications. 1 (1), 1-5.
- 68-HANACHI S. et KHITRI D. (1998).** Inventaire variétal de la palmeraie Algérienne : Actes du symposium sur la datte, Biskra, 44-190.

- 69-HENRY S. (2003).** L'huile d'olive, son intérêt nutritionnel, ses utilisations en pharmacie et en cosmétique. Thèse. Doctorat. Pharmacie. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 1-98.
- 70-HOSEINI S.M. KHOSRAVI-DARANI K. et MOZAFARI M.R. (2013).** Nutritional and Medical Applications of Spirulina Microalgae. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. Ed. Bentham Science Publishers. V. 13, 1231-1237
- 71-HARTEMANN-HEURTIER A. (2009).** La glycémie postprandiale de la physiologie à la pathologie. Ed. Centre d'études et de documentation du sucre (CEDUS), 1-20.
- 72-ISSANCHOU S. (2008).** L'évaluation sensorielle, c'est quoi?. Lettre d'OPALINE. N. 9, 14.
- 73-JEMNI M. (A), MAAROUFI A. (B), MEJRI S. (2010).** Optimisation d'un milieu de culture à base de sirop de dattes pour la production d'un bio pesticide bactérien. *Revue des Régions Arides* . 24 (2). Actes du 3^{ème} Meeting International "Aridoculture et Cultures Oasisennes: Gestion et Valorisation des Ressources et Applications Biotechnologiques dans les Agrosystèmes Arides et Sahariens" Jerba (Tunisie). 261-267.
- 74-KAMENIDOU I., AGGELOPOULOS S. et BATZIOS A. C. (2011).** Natural medical attributes and benefits of *Spirulina*: Segmentation based on consumers' knowledge. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5 (14), 3192-3199.
- 75-KJELDAHL J. (1883).** Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Z. Anal. Chem.* 22, 366-382.
- 76-KWAN D. (2005).** L'index glycémique : ses avantages et son utilité dans le traitement du diabète, RD *info diabète. Bulletin à l'intention des éducateurs en diabète de première ligne*. V. 24, 1-3.
- 77-LANGLADE M. J., ALLIOD R. et CHARPY L. (2008).** Utilisations de la spiruline autres que pour la malnutrition. Colloque international sur la spiruline - Toliara Sud-ouest de Madagascar « développement, formation et transfert technologique, en matière de culture de la spiruline ». 129-140.
- 78-LECERF J. M. (2009).** Effets métaboliques du fructose et du miel. *Phytothérapie: Nutrition*. Ed. Springer. V.7, 83 - 86.
- 79-LEFEBVRE A., BASSEREAU J.F. (2003).** L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages. 10^{ième} Séminaire CONFERE, 3-4 Juillet 2003, Belfort – France, pp. 3-11.
- 80-LUYCKX F.H. et SCHEEN A.J. (2003).** L'hyperglycémie provoquée par voie orale : de la controverse à un plaidoyer pour sa place en biologie clinique. *Immuno-analyse & Biologie spécialisée*. Ed. Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. 18, 126–132.

- 81-MANN J. et CHISHOLM A. (2004).** Les aliments et leur effet sur la glycémie. Aliments et politiques alimentaires. *Diabetes- Voice*. V 49, 35-38.
- 82-MANSOURI A., EMBAREK G., KOKKALOU E., et KEFALAS P. (2005).** Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*. Ed. Elsevier. 89, 411– 420.
- 83-MARZ U. (2013).** Valorisation des dattes non comestibles en Algérie. La technologie et l'économie d'extraction du sucre liquide. Symposium « Valorisation des fruits dans les boissons », Alger, 1-18.
- 84-MILLER C.J., DUNN E.V. et HASHIM I.B. (2003).** The glycaemic index of dates and date=yoghurt mixed meals. Are dates 'the candy that grows on trees?'. *European Journal of Clinical Nutrition*. N 57, 427–430.
- 85-MILLER-JONES J. (2010).** The Role of Glycemic Index & Glycemic Load on Carbohydrate Food Quality: A Status Report. p9.
- 86-MIMOUNI Y. (2009).** Mise au point d'une technique d'extraction de sirop de dattes; comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (HFCS) issus de l'amidonnerie. Magister. Biochimie et Analyse des bioproduits. Université Kasdi Merbah Ouargla. 1-134.
- 87-MIMOUNI Y. et SIBOUKEUR O. E. K. (2011).** 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. *Annales des Sciences et Technologie*. 3 (1), 1-11.
- 88-MIMOUNI Y et SIBOUKEUR O. E. K. (2014).** Technique d'extraction de sirops de dattes comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (HFCS); Editions Universitaires Européennes. 176. 71-74.
- 89-MIMOUNI Y. (2015).** Développement de produits diététiques hypoglycémiant à base de dattes molles variété "Ghars", la plus répandue dans la cuvette de Ouargla. Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Université d'Ouargla. 1-113.
- 90-MUNIER P. (1973).** Le palmier dattier. Maisonneuve. Paris.
- 91-NAVARRE C. et LANGLADE F. (2006)-L'œnologie.** 6^e édition. Editions TEC &DOC. Paris.
- 92-NOUT R., HOUNHOUGAN J.D. et BOEKEL T.V. (2003).** Les aliments : transformation, conservation et qualité. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- 93-OULD EL HADJ M.D., SEBIHI A.H., et SIBOUKEUR O.(2001).** Qualité Hygiénique et Caractéristiques Physico-Chimiques du Vinaigre Traditionnel de Quelques Variétés de Dattes de la Cuvette de Ouargla. *Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse*, 87-92.

- 94-PAN A. et HU. F. A. (2012).** Effets satiétogènes des sucres: différences entre boissons et aliments solides. *Obésité*. V. 6, éd. Springer-Verlag France, pp 206-211.
- 95-PARKER K. SALAS M. et NWOSU V. C. (2010).** High fructose corn syrup: Production, uses and public health concerns. *Biotechnology and Molecular Biology*. Ed. Academic Journals. 5 (5), 71 – 78.
- 96-PIERLOVISI C. (2008).** Composition chimique de la spiruline. Colloque international sur la spiruline - Toliara Sud-ouest de Madagascar «développement, formation et transfert technologique, en matière de culture de la spiruline». 25-29.
- 97-RAIESI-ARDALI F.A., RAHIMI E.A., TAHERY S. A., et SHARIATI M. A. (2014).** Production of a New Drink by Using Date Syrup and Milk. *Journal of Food Biosciences and Technology*, Islamic Azad University, Science and Research Branch. 4 (2), 67-72.
- 98-REMESY C. (2008).** Sucres simples purifiés versus sucres des fruits, ont-ils les mêmes effets métaboliques?. *Phytothérapie: Nutrition- diététique*. Ed. Springer. V.6, 91–95.
- 99-SCHEEN A. J. et PAQUOT N. (2006).** Physiopathologie de l'hyperglycémie postprandiale. *Journées Annuelles de Diabetologie de l'Hotel-Dieu*. 47-65.
- 100-SGUERA S (2008).** *Spirulina platensis* et ses constituants, intérêts nutritionnels et activités thérapeutiques. Thèse. Pharmacie. Université HENRI POINCARÉ - Nancy 1. pp 14-18.
- 101-SHAFIEI M., KARIMI K., et TAHERZADEH M J.(2010).** Palm Date Fibers: Analysis and Enzymatic Hydrolysis. *International Journal of Molecular Sciences*. 11. 4285-4296.
- 102-SIBOUKEUR O. (1997).** Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. Magister. Sciences Alimentaires. Institut National Agronomique. 106.
- 103-SIBOUKEUR O.M.K. et LAKHDARI K. (1998).** Utilisation des farines de dattes en biscuiterie. Premier Symposium Arabe sur la recherche et développement du palmier dattier. 28 février 1998. ACSAD/INRA de Marrach.
- 104-SIDDIQ M., et GREIBY, I. (2013).** Overview of Date Fruit Production, Postharvest handling, Processing, and Nutrition. Ed. John Wiley & Sons, 1-28.
- 105-TANOUTI K., SERGHINI-CAID H., CHAIEB E, BENALI A., HARKOUS M, et ELAMRANI A. (2011).** Amélioration qualitative d’huiles d’olive produites dans le Maroc oriental. *Les technologies de laboratoire*. 6 (22), 1-12.
- 106-TELLI A., MAHBOUB N, BOUDJENEH S., SIBOUKEUR O. E. K. et MOULTI-MATI. F. (2010).** Optimisation des conditions d’extraction des polyphénols de dattes lyophilisées (*Phoenix dactylifera* l) variété Ghars. *Annales des Sciences et Technologie*. 2 (2), 107-114.

- 107-THIBAUT L. (2010).** L'index glycémique: des fondements à son intérêt en nutrition - pratiques en nutrition. Ed. Elsevier Masson SAS. 24. 44-51.
- 108-TRABELSI L. (2007).** Charge glycémique: Conseils Hygiéno -diététiques pour diabétique. 1-42.
- 109-TUFAIL F., PASHA I., BUTT M.S., ABBAS N. et AFZAAL S. (2002).** Use of date syrup in the preparation of low caloric cakes replacing sucrose. *Pak. J. Agri. Sci.* V. 39, 149-153.
- 110-URSELL A. (2002).** La grande hachette des aliments santé, Amanda. Ed. Hachette livre.
- 111-VORS C., NAZARE J. A., MICHALSKI M. C., et LAVILLE M. (2013).** Intérêt de la phase postprandiale pour la santé de l'Homme. Obésité. Ed. Springer-Verlag France. 9. 31-41.
- 112-WATERMAN E. et LOCKWOOD B. (2007).** Active components and clinical applications of Olive Oil. *Alternative Medicine Review.* Ed. Thorne Research. 12 (4), 331-342.
- 113-WATTS B.M., YLIMAKI G.L., JEFFERY L.E., ELIAS L.G. (1991).** Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. Centre de recherches pour le développement international. Canada.
- 114-WOLEVER T. M. S. (2008).** L'indice glycémique dans la prise en charge de l'obésité. *Endocrinologie. Conférences scientifiques.* 8 (2), 1-6.

115-احمد فتحي الدين؛ القحطاني محمد سعيد و والي يوسف امين. (1979). زراعة النخيل و التمور في العالمين . جامعة عين شمس؛ .

Annexes

Annexe 1-Détermination de la teneur en eau

Mode opératoire

- Sécher des capsules vides à l'étuve durant 15 min. à 103 ± 2 °C ;
 - laisser les capsules refroidir pendant 30 min. dans un dessiccateur ;
 - peser dans chaque capsule 5 g de sirop de dattes;
 - placer dans une étuve réglée à 103 ± 2 C° pendant 3 heures ;
 - retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement, les peser.
- L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Mode de calcul

La teneur en eau ou humidité H (%) est exprimée en g pour 100 g de sirop, et donnée par la formule suivante :

$$H\% = \frac{M - m}{M - m^{\circ}} \times 100$$

Avec,

- m° : poids de la capsule vide (g);
- m : poids de la capsule et de l'échantillon après séchage (g);
- M : poids de la capsule et de l'échantillon avant séchage (g) (AUDIGIE *et al.*, 1982).

Annexe 2-Détermination de la teneur en cendres

Mode opératoire

- peser 2 g de sirop de dattes dans des capsules en porcelaine,
- placer les capsules dans un four à moufle réglé à 550 ± 15 °C pendant 5 heures jusqu'à obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre ;
- retirer les capsules du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur, puis les peser.

Mode de calcul

La proportion des cendres brutes est obtenue à partir de la formule suivante :

$$C\% = \frac{m_1 - m_2}{m^{\circ}} \times 100$$

Avec,

-C% : teneur en cendres brutes ;

-m° : masse en g de la capsule vide;

-m1 : masse en g de la capsule + échantillon avant incinération;

-m2 : masse en g de la capsule+ cendres après incinération.

Annexe 3- Dosage des sucres totaux (Méthode de Bertrand)

Défécation des sucres

Une défécation est indispensable avant de procéder au dosage des sucres.

Elle consiste à porter au bain marie bouillant pendant 30min, 100ml d'échantillon à 10%. Après filtration, le volume est ajusté à 100ml.

Mélanger le filtrat à 100ml d'acétate de plomb. Après agitation, on effectue une seconde filtration. L'excès de l'acétate de plomb est éliminé par 1g de carbonate de sodium.

Réactifs nécessaires

-Liquueur A

40g de sulfate de cuivre pur ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), 2g de H_2SO_4 pur, quantité d'eau nécessaire pour ramener le volume à 1l.

-Liquueur B

200g de sel de seignette (tartrate double de sodium et de potassium), 150g de Na OH pur, quantité d'eau nécessaire pour ramener le volume à 1l.

-Liquueur C

50g de $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ sec et pur, 200g environ de H_2SO_4 pur, quantité d'eau nécessaire pour ramener le volume à 1l.

-Solution de permanganate N/10 soit à 3.16 g/l.

Mode opératoire

-prélever 20ml d'échantillon à analyser, préalablement déféqué et dilué, les introduire dans un erlenmeyer de 300ml ;

-ajouter 20ml de liquueur A et 20ml de liquueur B ;

-laisser reposer. Si le liquide surnageant n'a pas acquis une couleur bleue, recommencé avec une dilution plus forte de l'échantillon ;

-filtrer sous vide sur un entonnoir filtrant de porosité 4 ;

Le filtrat est versé sur l'entonnoir, sans entraîner le dépôt maintenu dans l'erlenmeyer.

On rince 2 à 3 fois de dépôt à l'eau distillée. Le filtrat et l'eau de rinçage sont éliminés ;

-dissoudre le dépôt restant dans l'erlenmeyer, en versant 10ml environ de solution C ;

-dissoudre le dépôt retenu sur l'entonnoir par une quantité suffisante de solution C, en ayant pris soin de placer l'erlenmeyer sous l'entonnoir. Laver le filtre.

-titrer le contenu de l'erlenmeyer par la solution de permanganate N/10 jusqu'à l'obtention de la couleur rose.

Mode de calcul

La quantité de sucre contenu dans l'échantillon est déterminée à partir de tables empiriques.

Ramener à la quantité par litre, en tenant compte du volume de la prise d'échantillon et du facteur de dilution (NAVARRE et LANGLADE, 2006).

Annexe 4- Dosage des protéines (Méthode de KJELDAHL)

Mode opératoire

-Introduire dans un matras de minéralisation 1g d'échantillon, ajouter une pincée de catalyseur (sulfate de cuivre et de potassium);

-ajouter 15ml d'acide sulfurique pur;

-utiliser un chauffage progressif, d'abord une attaque à froid pendant 15 mn jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique, attaque à chaud pendant 4 à 5 heures;

-quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100 ml avec de l'eau distillée;

-la distillation se fait dans un distillateur automatique, où l'ajout de 20 ml de lessive de soude à 35% dans un matras, et 25% d'acide borique dans fiole de 250 ml est réalisé;

-le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyle);

-l'excès d'ammoniac est alors dosé par l'acide sulfurique à 0.05 N dans un titrateur automatique.

Les témoins et les échantillons sont réalisés dans les mêmes conditions.

Mode de calcul

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante:

$$N \% = \frac{V}{V'} \times \frac{(N - N') \cdot 0.05 \cdot 1.4}{P}$$

Soit:

V : solution minéralisé et complété à 100 ml;

V' : solution de la soude ajoutée 20 ml;

N : quantité d'acide sulfurique;

0.05 : Normalité d'acide sulfurique;

P : masse de la prise d'essai 1g (AFNOR, 1982).

Annexe 5- Dosage des lipides (méthode de Soxhlet)

Mode opératoire

- Sécher le ballon de 500 ml à l'étuve à 105 C° pendant une heure;
- refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 mn;
- peser le ballon à la précision de 0.001 g;
- peser d'environ de 20 g;
- introduire le sirop dans la cartouche de papier filtre;
- placer la cartouche avec la prise d'essai à l'intérieur de l'appareil soxhlet;
- verser 200 ml de l'éther de pétrole dans le ballon, et 50 ml dans l'extracteur;
- chauffer le ballon sur le chauffe ballon pendant 4 heures, jusqu' à l'épuisement de la matière grasse;
- après, éliminer le solvant du ballon par distillation;
- sécher le résidu du ballon dans une étuve à 70-80 C°;
- refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 mn;
- peser le ballon avec l'huile à la précision de 0.001 g;
- répéter l'opération de séchage jusqu' à l'obtention d'un poids constant du ballon.

Mode de calcul

La teneur en matière grasse est calculée selon la formule suivante:

$$\text{MG \%} = \frac{(P2 - P1)}{P3} \times 100$$

Soit:

- P₂: poids du ballon vide (g);
- P₁: poids du ballon d'huile extraite (g);
- P₃: poids de la prise d'essai (g) (AFNOR, 1982).

Annexe 6 : Fiche d'information : Evolution de la glycémie postprandiale

NOM:

Prénom:

Poids:

Taille:

Age:

Glycémie à jeun :

	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min
SG 30%							
SBDG							
SBDG + 1% HO							
SBDG + 2% HO							
SBDG + 3% HO							
SBDG + 1% Sp							
SBDG + 2% Sp							
SBDG + 3% Sp							

Annexe 7- Glycémie post prandiale (en g/l) enregistrée durant les 120 min.

	T₀+ 0 min	T₀+15 min	T₀+30 min	T₀+45 min	T₀+60 min	T₀+90 min	T₀+120 min
SG 30%	1.01±0.04	2.55±0.4	2.55±0.13	1.94±0.19	1.4±0.16	1.2±0.09	0.99±0.1
SBDG	0.94±0.07	1.11±0.09	1.22±0.1	1.05±0.09	1.02±0.05	0.95±0.05	0.88±0.07
SBDG +1HO	0.9±0.05	1.05±0.05	1.12±0.14	1.05±0.03	1.01±0.06	0.96±0.07	0.9±0.08
SBDG +2HO	0.93±0.04	1.09±0.12	1.17±0.09	1±0.07	0.93±0.08	0.91±0.06	0.89±0.09
SBDG +3HO	0.88±0.04	1.07±0.13	1.17±0.13	0.99±0.09	0.92±0.09	0.87±0.03	0.90±0.09
SBDG +1Sp	0.92±0.04	1.03±0.09	1.11±0.10	1.03±0.10	1.01±0.07	0.95±0.10	0.91±0.08
SBDG +2Sp	0.92±0.06	0.99±0.14	1.13±0.13	0.95±0.08	0.96±0.06	0.94±0.04	0.94±0.08
SBDG +3Sp	0.92±0.03	1±0.13	1.03±0.12	0.98±0.35	0.93±0.08	0.94±0.07	0.91±0.04

Annexe 8- Préparation des solutions de base pour les tests en vue de la sélection du jury de dégustation

Saveur de base	Substance	Concentration
Sucré	Saccharose	1% (2,5g / 250 ml)
Salé	Chlorure de sodium	0,2% (0,5 g / 250 ml)
Acide	Acide citrique	0,04% (0,1 g / 250 ml)
Amer	Café soluble (à défaut de caféine)	0,05 % (0,125 g/250 ml)

On a besoin environ de 25 à 30 ml de solution par dégustateur.

Annexe 9- Fiche d'information : Sélection du jury de dégustation

Date:

Dégustateur:

Heure:

Code:

Après la dégustation de chaque échantillon, répondre aux questions suivantes:

Q1:percevez-vous un goût?

Q2:lequel?

Q3:donnez une note de l'intensité du goût? (+) (++)

Solutions	Code de réipients	Perception (Q1)	Reconnaissance (Q2)	Intensité (Q3)
Solution N° (1)				
Solution N° (2)				
Solution N° (3)				
Solution N° (4)				

Annexe 10- Profil organoleptique

Indiquez pour chaque échantillon examiné, la nature de la sensation et son intensité.

	Attributs	Echantillon (1)	Echantillon (2)	Echantillon (3)	Echantillon (4)	Echantillon (5)	Echantillon (6)	Echantillon (7)
Saveur	Fruité de dattes							
	Sucré							
	Acide							
	Salé							
Couleur	Marron							
	Vert							
Odeur	Dattes							
	Huile d'olive							
	Spiruline							

Intensité de la saveur :

+ Légère ++ prononcée

Intensité de la couleur :

+ Claire ++ foncée

Intensité d'odeur :

+ Légère ++ prononcée

Annexe 11- Test hédonique

Date:

Dégustateur:

Code:

Goûtez chaque échantillon et indiquez dans quelle mesure vous appréciez ou ne pas appréciez, en cochant la mention appropriée en dessous de chaque échantillon:

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5	Echantillon 6	Echantillon 7
----- extrêmement agréable	----- extrêmement agréable	----- extrêmement agréable	----- extrêmement agréable	----- extrêmement agréable	----- extrêmement agréable	----- extrêmement agréable
----- très agréable	----- très agréable	----- très agréable	----- très agréable	----- très agréable	----- très agréable	----- très agréable
----- agréable	----- agréable	----- Agréable	----- Agréable	----- agréable	----- agréable	----- agréable
----- assez agréable	----- assez agréable	----- assez agréable	----- assez agréable	----- assez agréable	----- assez agréable	----- assez agréable
----- ni agréable ni désagréable	----- ni agréable ni désagréable	----- ni agréable ni désagréable	----- ni agréable ni désagréable	----- ni agréable ni désagréable	----- ni agréable ni désagréable	----- ni agréable ni désagréable
----- désagréable	----- désagréable	----- Désagréable	----- Désagréable	----- désagréable	----- désagréable	----- désagréable
----- assez désagréable	----- assez désagréable	----- assez désagréable	----- assez désagréable	----- assez désagréable	----- assez désagréable	----- assez désagréable
----- très désagréable	----- très désagréable	----- très désagréable	----- très désagréable	----- très désagréable	----- très désagréable	----- très désagréable
----- extrêmement désagréable	----- extrêmement désagréable	----- extrêmement désagréable	----- extrêmement désagréable	----- extrêmement désagréable	----- extrêmement désagréable	----- extrêmement désagréable

Annexe 12- Rapport détaillé d'analyse de la variance à un facteur (ANOVA)

Test de normalité

	Test de normalité	p-value
Anova 1	Shapiro.test	0.2272
Anova 2	Shapiro.test	0.7763
Anova 3	Lillie.test	0.3817

Analyse de variance Anova

	F value	Pr(>F)
Anova 1	6.019	0.0033**
Anova 2	11.55	0.00007***
Anova 3	5.836	0.00017***

Test Tuckey

TuckeyHSD(anova1)				
	diff	lwr	upr	p adj
S2-S1	-0.7328571	-2.981109	1.5153949	0.8053068
S3-S1	-2.05	-4.298252	0.1982521	0.0828324
S4-S1	-3.19	-5.438252	-0.9417479	0.0034211
S3-S2	-1.3171429	-3.565395	0.9311092	0.3888582
S4-S2	-2.4571429	-4.705395	-0.2088908	0.0285521
S4-S3	-1.14	-3.388252	1.1082521	0.5122176

TuckeyHSD(anova2)				
	diff	lwr	upr	p adj
S5-S1	-0.9957143	-2.751419	0.75999	0.4168413
S6-S1	-2.3228571	-4.078561	-0.5671529	0.0065037
S7-S1	-3.5014286	-5.257133	-1.7457243	0.0000657
S6-S5	-1.3271429	-3.082847	0.4285614	0.1865114
S7-S5	-2.5057143	-4.261419	-0.75001	0.0032343
S7-S6	-1.1785714	-2.934276	0.5771328	0.274874

TuckeyHSD(anova3)				
	diff	lwr	upr	p adj
S4-S1	-3.19	-5.550732	-0.82926827	0.0025441
S7-S1	-3.5014286	-5.86216	-1.14069684	0.0007341
S4-S2	-2.4571429	-4.817875	-0.09641112	0.036562
S7-S2	-2.7685714	-5.129303	-0.40783969	0.0124449
S7-S5	-2.5057143	-4.866446	-0.14498255	0.0311048

Anova 1 : Analyse de variance de SBDG et SBDG additionnés d'1,2 et 3% d'huile d'olive ;

Anova 2 : Analyse de variance SBDG et SBDG additionnés d'1,2 et 3% de spiruline ;

Anova 3 : Analyse de variance SBDG, SBDG additionnés d'huile d'olive et SBDG additionnés de spiruline.