



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique
Département : Technologie Alimentaire
Spécialité : Nutrition Humaine

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
القسم : التكنولوجيا الغذائية
التخصص : التغذية البشرية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme De Master

THEME

**Optimisation d'un procédé de conception de barres protéinées
diététiques et prébiotiques à base de produits de terroir :
« Zrir & Klila »**

Présenté par : ALLAM Ikram

Soutenu publiquement le : 02 / 10 / 2024

SAAD Imen

Devant le jury composé de :

Président : Mr. BENCHABANE Ahmed

Professeur, ENSA

Promotrice : Mme. AOUIR Amel

MCA, ENSA

Examineurs : Mr. AMIALI Malek

Professeur, ENSA

Mme. MERIBAI Amel

MCA, ENSA

Promotion : 2019-2024

Sommaire

Introduction	01
Bibliographique	
Chapitre 1 : Produits de terroir et Aliments fonctionnels	
1. Aliments fonctionnels avec probiotiques et/ou prébiotiques.....	03
2. Les produits de terroir.....	04
2.1.Définition du terroir.....	04
2.2.Définition de produits de terroir.....	05
2.3.Intérêt de la valorisation d'un produit de terroir.....	05
3. Intérêt nutritionnel des céréales et des légumineuses.....	06
4. Les barres énergétiques.....	08
4.1.Historique des barres énergétiques.....	08
4.2.Marché mondial des barres énergétiques.....	09
4.3.Importance des barres énergétiques.....	09
Chapitre 2 : Fromage traditionnel algérien « Klila »	
1. Généralités sur le lait et les produits laitiers.....	10
1.1.Historique et origine des fromages.....	10
1.2.Définition du fromage.....	11
1.3.Technologie du fromage : du traditionnel au moderne.....	11
1.4.Intérêts nutritionnels des fromages.....	13
2. Produits laitiers traditionnels algériens.....	14
2.1.Fromages traditionnels algériens.....	15
2.1.1. Histoire de l'étude du fromage Klila.....	18
2.1.2. Origine de l'appellation « Klila ».....	18
2.1.3. Terroir du fromage traditionnel Klila.....	19
2.1.4. Fabrication artisanale du fromage traditionnel Klila.....	19
2.1.5. Consommation et incorporation du fromage Klila.....	20
Chapitre 3 : « Zrir » un met traditionnel aux multiples vertus	
1. Définition de Zrir.....	22
2. Histoire de Zrir.....	22
3. Valeur nutritionnelle.....	23
4. Amélioration de la valeur nutritionnelle de Zrir.....	23
Partie expérimentale	
Chapitre 1 : Matériels et méthodes	
1. Enquête de consommation.....	24
2. Méthodologie d'analyses.....	24
2.1.Essais de fabrication du fromage Klila.....	25
2.2. Études des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du fromage Klila.....	26
2.2.1. Analyses physico-chimiques du fromage Klila.....	26
2.2.1.1.Mesure de pH.....	26
2.2.1.2.Mesure de l'acidité titrable.....	26
2.2.1.3.Mesure du taux de l'humidité.....	27
2.2.1.4.Teneur en lipides.....	28

2.2.1.5. Détermination de la composition di fromage klila en acides gras.....	28
2.2.1.6. Dosage des matières azotés totales et détermination de la teneur en protéines.....	29
2.2.1.7. Dosage des cendres.....	30
2.2.2. Analyses microbiologiques.....	31
2.2.2.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.....	31
2.2.2.2. Recherche de la flore aérobie mésophile totale (FMAT).....	32
2.2.2.3. Recherche des coliformes totaux et fécaux.....	32
2.2.2.4. Recherche des streptocoques fécaux.....	33
2.2.2.5. Recherche des levures et moisissures.....	33
2.3. La formulation de Zrir.....	34
2.4. La formulation de la barre protéinée.....	34
2.5. Optimisation de la formule par la méthodologie de surface de réponse.....	35
2.5.1. Etablissement du plan d'expérience.....	35
2.5.2. Réalisation des expérimentations.....	36
2.5.3. Analyse des paramètres de réponse.....	38
2.5.3.1. Détermination de la teneur en protéines.....	38
2.5.3.2. Analyse sensorielle.....	38
2.5.4. Modélisation des paramètres de réponse.....	39
2.5.4.1. Ajustement du modèle de chaque élément de réponse.....	39
2.5.4.2. Analyse des surfaces de réponse.....	40
2.5.4.3. L'étude de désirabilité.....	40
2.6. Caractérisation du produit finit.....	40
2.6.1. Extrait sec.....	40
2.6.2. Teneur en sucres totaux.....	41
2.6.3. Teneur en protéines.....	42
2.6.4. Teneur en lipides.....	42
2.6.5. Teneur en fibres alimentaires.....	43

Chapitre 2 : Résultats et discussion

1. Résultats de l'enquête de consommation.....	45
2. Résultats de la caractérisation du fromage traditionnel Klila.....	58
2.1. Résultats des analyses physico-chimiques du fromage traditionnel Klila.....	58
2.2. Résultats des analyses microbiologiques.....	64
3. Résultats de la caractérisation des matières premières constituant le Zrir.....	67
4. Résultats de l'optimisation de la formule par la MSR.....	68
4.1. Plan d'expérience.....	68
4.2. Réalisation des expérimentations.....	68
4.3. Résultats des paramètres de réponse.....	70
4.4. Résultats de la modélisation des paramètres de réponse.....	71
4.4.1. Résultats de la modélisation de la texture.....	71
4.4.2. Résultats de la modélisation de l'odeur.....	76
4.4.3. Résultats de la modélisation du goût.....	81
4.4.4. Résultats de la modélisation des protéines.....	86
4.5. Résultats de l'étude de désirabilité.....	92
5. Résultats de la caractérisation nutritionnel de la barre protéinée.....	93
5.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	93
5.2. Résultats de la détermination de la valeur énergétique de la barre protéinée.....	95
Conclusion	97

Références bibliographiques

Annexes

Résumé :

L'Algérie possède une large gamme de produits de terroir dans les différentes filières (agricole, agroalimentaire et artisanale). Parmi ces produits, le fromage sec traditionnel Klila et ZRIR qui correspond à un mélange de blé et de légumineuses riches en protéines végétales (lentilles et pois chiche) ont été mis en valeurs dans le but d'élaborer un aliment fonctionnel diététique. Afin d'optimiser la formule des barres protéinées une caractérisation physico-chimiques et microbiologiques de Klila a été faite, aboutissant ainsi à un taux de protéines de $67,02 \pm 0,87$ % (ms) et une qualité microbiologique moyenne. Les matières premières constituant le Zrir ont été aussi l'objectif d'une caractérisation nutritionnelle dont les résultats étaient satisfaisants. L'optimisation de la formule a été faite par la MSR, en utilisant le Box Behnken comme plan expérimental. Les paramètres de réponses sont les résultats des caractéristiques organoleptiques obtenus par une analyse sensorielle et la teneur en protéines des barres protéinées. Suivant le plan expérimental, les variables dépendantes Klila et Poudre de dattes ont été introduites à raison de (10 g ; 15 g et 20 g) ainsi que le beurre de cacahuète à raison de (150g ; 180 g et 210 g). Les résultats de désirabilité ont abouti à 4 modèles mathématiques permettant l'obtention de la formule optimale pour chaque paramètre de réponse, à savoir : la texture, le goût, l'odeur et la teneur en protéines des barres protéinées. Par ailleurs l'enquête de consommation alimentaires réalisée sur un échantillon de 104 personnes a révélé que 96,2% des répondants sont prêts à consommer des barres protéinées enrichies par les deux produits de terroir. De plus les résultats de la caractérisation nutritionnelle du produit fini ont montré que ce dernier est riche en fibres $9,4 \pm 1,47$ % (ms), riche en protéines $27,43 \pm 0,01$ % (ms) apportant ainsi une valeur énergétique de 542,34 Kcal pour 100 g de produit.

Mots clés : Zrir, Klila, aliment fonctionnel, optimisation, barres protéinées.

Abstract:

Algeria boasts a wide range of local products across various sectors (agriculture, agri-food, and crafts). Among these products, the traditional dry cheese Klila and Zrir which consist of a blend of wheat and legumes rich in plant proteins (lentils and chickpeas), have been highlighted with the aim of developing a functional dietary food. In order to optimize the formula of protein bars, a physico-chemical and microbiological characterization of Klila was first carried out, resulting in a protein content of 67.02 % (ms) and an average microbiological quality. The raw materials constituting Zrir were also subject to nutritional characterization, with satisfactory results. The formula optimization was carried out using RSM, employing the Box-Behnken design as the experimental plan. The response parameters include the results of organoleptic characteristics obtained through sensory analysis and the protein content of the protein bars. According to the experimental plan, dependent variables Klila and date powder were introduced at (10g, 15g, and 20g) as well as peanut butter at (150g, 180g, and 210g). The desirability results led to four mathematical models allowing the optimal formula to be determined for each response parameter, namely: texture, taste, odor, and protein content of the protein bars. Moreover, a food consumption survey conducted on a sample of 104 people revealed that 96.2% of respondents are willing to consume protein bars enriched with the two local products. Additionally, the nutritional characterization results of the final product showed that it is rich in fiber $9,4 \pm 1,47$ % (ms), and protein $27,43 \pm 0,01$ % (ms) providing an energy value of 542.34 Kcal per 100 g of product.

Key words : Zrir, Klila, functional food, optimization, protein bars.

ملخص

تمتلك الجزائر مجموعة واسعة من المنتجات المحلية في مختلف القطاعات الزراعية، التغذية الصناعية والحرفية من بين هذه المنتجات، تم تسليط الضوء على الجبنة الجافة التقليدية "كليلة" و"زير" الذي يتكون من مزيج من القمح والبقوليات الغنية بالبروتينات النباتية (العدس والحمص) بهدف إعداد غذاء وظيفي صحي. من أجل تحسين تركيبة ألواح البروتين، تم إجراء توصيف فيزيائي كيميائي وميكروبيولوجي لجبن الكليلة مما أسفر عن نسبة بروتينات تبلغ 67,02 ± 0.87% مادة جافة وجودة ميكروبيولوجية متوسطة. لقد كانت المواد الخام المكونة للزير أيضاً هدفاً لتوصيف غذائي كانت نتائجه مرضية. تمت تحسين الصيغة بواسطة استخدام تصميم بوكس بينكن كخطة تجريبية. معايير الاستجابة هي نتائج الخصائص الحسية التي تم الحصول عليها من خلال تحليل حسي ومحتوى البروتين في ألواح البروتين. وفقاً للخطة التجريبية، تم إدخال المتغيرات التابعة كإلية ومسحوق التمر بنسب (10 غ؛ 15 غ و 20 غ) بالإضافة إلى زبدة الفول السوداني بنسب (150 غ؛ 180 غ و 210 غ). أسفرت نتائج الرغبة عن أربعة نماذج رياضية تتيح الحصول على الصيغة المثلى لكل معلمة استجابة، وهي: القوام، والطعم، والرائحة، ومحتوى البروتين في ألواح البروتين. علاوة على ذلك، أظهرت دراسة استهلاك المواد الغذائية التي أجريت على عينة من 104 أشخاص أن 96.2% من المشاركين مستعدون لاستهلاك ألواح البروتين المدعمة بالمنتجين المحليين. بالإضافة، أظهرت نتائج التوصيف الغذائي للمنتج النهائي أنه غني بالألياف بنسبة 9,4% (وزن جاف)، وغني بالبروتينات بنسبة 27,43 ± 0,01% (وزن جاف)، مما يوفر قيمة طاقة تبلغ 567,94 كيلو كالوري لكل 100 جرام من المنتج.

الكلمات المفتاحية: زير، كليلة، الغذاء الوظيفي، تحسين، ألواح البروتين.