

Département : Technologie Alimentaire

القسم : تكنولوجيا الغذائية

Spécialité : Elaboration et qualité des aliments

التخصص : إعداد ونوعية الأطعمة

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme de Master

## ***THEME***

**Optimisation des facteurs influençant le séchage de la mousse de banane par la méthodologie des surfaces de réponse.**

Présenté Par : ALLALI WAFAA  
REGGANE SARA

Soutenu le 07 /10/2020

Devant le jury composé de :

Président :

Mr. GUEZLANE. L

Professeur, ENSA

Promoteur :

Mr. FERRADJI. A

Professeur, ENSA

Examineurs :

Mme. AIT CHAUCHE.F. S

Maitre de conférences à l'université de BLIDA 1

Mme. BELLHACHAT. D

Maitre de conférences à L'ESSAIA

Mr. BOUKHARI. N

Docteur en sciences alimentaires

Promotion : 2015/2020

## Table des matières

**Remerciements**

**Dédicace**

**Table des matières**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

### Partie 1 : Etude bibliographique

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1: Généralités sur le bananier .....</b>	<b>5</b>
1.1 Origine et dispersion .....	3
1.2 Taxonomie .....	3
1.3 Morphologie de la plante.....	5
1.3.1 Appareil végétatif.....	5
1.3.2 Reproduction .....	6
1.4 Aspect agronomique .....	7
1.4.1 De la floraison a la récolte.....	7
1.4.2 De la récolte au conditionnement .....	8
1.4.3 De la station d’emballage à la murisserie.....	8
1.5 La maturation des fruits du bananier .....	9
1.6 Exigences écologiques .....	10
1.6.1 Facteurs climatiques .....	10
1.6.2 Facteurs édaphiques .....	10
1.7 Importance nutritionnelle .....	11
1.8 Caractéristiques de la variété Cavendish.....	12
1.9 Economie mondiale de la production bananière .....	13
1.9.1 A l’échelle mondiale.....	13
1.9.1.1 Les principaux pays producteurs .....	13
1.9.1.2 Les principaux exportateurs .....	14
1.9.1.3 Les principaux pays importateurs.....	15
1.9.1.4 La consommation .....	16
1.10 Les bananes en Algérie .....	16
1.11 Transformation et conservation des bananes .....	18
1.11.1 Bananes séchées .....	19
1.11.2 Chips de bananes séchées.....	19
1.11.3 Flocons de banane ou flakes.....	19
1.11.4 Farine de banane.....	19
1.11.5 Le sucre de banane .....	20
1.11.6 La fabrication d’autres produits alimentaires .....	20
1.11.7 Fabrication du papier.....	20
1.11.8 Sous-produits.....	20
1.11.9 Poudre.....	20
<b>Chapitre 2: Le séchage de la mousse de banane.....</b>	<b>22</b>
2.1 Les modes de séchage .....	24

2.2 Le séchage de la mousse.....	24
2.3 La production de la mousse des bananes mûres.....	24
2.4 Historique du séchage de la mousse.....	25
2.4.1 Définition.....	25
2.4.2 La mousse et sa structure.....	26
2.4.3 Etapes du séchage en mousse.....	27
2.4.4 Les agents moussants.....	28
2.4.5 Agents stabilisants.....	29
2.4.6 Caractéristiques de la mousse.....	30
2.4.6.1 La densité de la mousse.....	30
2.4.6.2 La stabilité de la mousse.....	30
2.4.6.3 L'expansion de la mousse.....	31
2.4.7 Intérêt technologique et économique du séchage en mousse.....	31
<b>Chapitre 3: Isotherme de sorption.....</b>	<b>24</b>
3.1 Répartition de l'eau dans les denrées alimentaires.....	34
3.2 Paramètres de mesure de l'état de l'eau dans les substances biologiques.....	35
3.2.1 La teneur en eau.....	35
3.2.2 Humidité relative.....	36
3.2.3 L'activité de l'eau dans un produit.....	36
3.2.3.1 Mesure de l'activité de l'eau.....	37
3.2.3.2 Importance de l'activité de l'eau dans la conservation des denrées alimentaires.....	38
3.3 Isothermes de sorption.....	39
3.3.1 Définition.....	39
3.3.2 Principe d'obtention des isothermes de sorption.....	40
3.3.2.1 Les différentes méthodes.....	40
3.3.3 Allure générale et signification.....	41
3.3.4 L'hystérésis des isothermes.....	41
3.3.5 Typologie.....	42
3.3.6 Modélisation des isothermes de sorption.....	43
3.3.7 Intérêt des isothermes de sorption en technologie alimentaire.....	45

## **Partie 2 : Etude expérimentale**

<b>Chapitre 1: Matériel et méthodes.....</b>	<b>47</b>
1.1 Matériel végétal.....	48
1.2 Séchage des bananes.....	48
1.2.1 Matériel technique.....	48
1.2.1.1 Détermination de l'humidité des bananes.....	48
1.2.1.2 Thermomètre de laboratoire.....	48
1.2.1.3 Bras mixeur.....	49
1.2.1.4 Pétrin.....	49
1.2.1.5 Balance de précision.....	49
1.2.1.6 Etuve de laboratoire.....	49
1.3 Protocole expérimental.....	49
1.3.1 Préparation des échantillons au séchage.....	49
1.3.2 Obtention de la mousse.....	49
1.4 Détermination des caractéristiques de la mousse.....	50

1.4.1	Détermination de la densité de la mousse .....	50
1.4.2	Détermination du rendement en poudre .....	50
1.4.3	Détermination de la stabilité de la mousse .....	51
1.5	La modélisation des surfaces de réponse (MSR=Méthodologie des Surfaces de Réponse ) .....	51
1.6	Isotherme de sorption .....	52
1.6.1	Objectif.....	52
1.6.2	Principe.....	53
1.6.3	Description du dispositif expérimental de sorption et méthodologie.....	53
1.6.4	Obtention des isothermes de sorption .....	54
1.6.5	Modèle de description des isothermes de sorption.....	55
	<b>Chapitre 2: Résultats et discussion .....</b>	<b>57</b>
2.1	Caractéristiques physiques de la banane .....	58
2.2	Optimisation des ingrédients pour la production de mousse de banane en poudre en utilisant la méthodologie de surface de réponse.....	58
2.2.1	Analyse statistique.....	58
2.3	Interprétation des résultats par la Méthodologie de Surface de Réponse.....	59
2.3.1	Analyse de la variance ( ANOVA ) de l'effet des différents paramètres sur les réponses.....	60
2.3.1.1	Analyse de screening .....	60
2.3.2	Analyse de la variance de l'effet de différentes variables sur les réponses .....	61
2.4	Optimisation de la préparation de la mousse de banane par la méthodologie des surfaces de réponse.....	62
2.4.1	Modelisation statistique de la formulation de la mousse de banane.....	62
2.4.1.1	Modélisation de la réponse Densité.....	62
2.4.1.2	Modélisation de la réponse du rendement.....	64
2.4.2	Diagrammes de surface de réponses.....	65
2.4.2.1	Optimisation en graphique trois dimensions (3D) de la variable dépendante Densité.....	66
2.4.2.2	Optimisation en graphique trois dimensions (3D) de la variable dépendante rendement .....	66
2.4.3	Graphiques des tracés des iso-réponses.....	68
2.4.3.1	Optimisation des paramètres de la densité et du rendement. ....	69
2.5	Isothermes de sorption de la poudre de banane.....	70
2.5.1	Valeurs expérimentales des isothermes de sorption .....	70
2.5.2	Description de la courbe des isothermes de sorption .....	70
2.5.3	Détermination des conditions de stockage de la poudre de banane .....	71
2.5.4	Modèle de l'isotherme sorption.....	72
	<b>Conclusion.....</b>	<b>76</b>
	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>79</b>

## Résumé

L'objectif de ce travail porte sur l'optimisation des facteurs influençant le séchage de la mousse de banane variété « Cavendish », en utilisant la méthodologie des surfaces de réponse. Dans ce contexte, les variables indépendantes sont le taux d'albumine (%) (1.54, 3, 5, 7, 8.46) et le temps de battage (min) (6.54, 8, 10, 12, 13.46). Cependant les variables dépendantes sont la densité de la mousse de banane et le rendement en poudre tout en utilisant un plan composite central. Cette étude a été évaluée par la MRS réalisée par le logiciel Statistica v10. La deuxième partie est consacrée à l'étude des isothermes de sorption de la poudre de banane à 25°C, elles constituent une source importante pour établir la stabilité du produit alimentaire ainsi que les conditions de conservation. Les résultats indiquent que pour une densité (0.255g/cm<sup>3</sup>), le taux d'albumine d'œuf correspond à A=5% et le temps de battage (13.46min) ; tandis que pour un rendement (>0.2) il faut un taux d'albumine d'œuf (8.46%) et un temps de battage (10min). La courbe d'isotherme obtenue a une forme sigmoïdale de type II. Les données expérimentales sont ajustées par l'application du modèle GAB. La teneur en eau de la couche mono moléculaire est de  $X_m = 3.55\%$  En conclusion, cette étude a permis de déduire que les variables indépendantes ont un effet significatif sur la densité de la mousse de banane et le rendement.

**Mots clés :** Poudre de banane, surface de réponse, optimisation, isothermes de sorption

## Abstract

The objective of this work is to optimize the factors influencing the drying of banana moss variety "Cavendish", using the methodology of response surfaces. In this context, the independent variables are the egg albumin (%) (1.54, 3, 5, 7, 8.46) and the whipping time (min) (6.54, 8, 10, 12, 13.46). However, the dependent variables are the density of the banana foam and the powder yield while using a central composite plane. This study was evaluated by the MRS carried out by Statistica v10 software. The second part is devoted to the study of sorption isotherms of banana powder at 25°C, they constitute an important source for establishing the stability of the food product as well as the storage conditions. The results indicate that for a density  $D = 0.255 \text{ g / cm}^3$ , the level of egg albumin corresponds to (5%) and the whipping time (13.46min); while for a yield ( $R > 0.2$ ) you need an egg albumin level (8.46%) and a beating time (10min). The isothermal curve obtained has a type II sigmoidal shape. The experimental data are adjusted by applying the GAB model. The water content of the mono molecular layer is  $X_m = 3.55\%$  In conclusion, this study allowed to deduce that the independent variables have a significant effect on the density of banana foam and the yield.

**Keywords:** Banana powder, response surface, optimization, sorption isotherms

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو تحسين العوامل المؤثرة في تجفيف الموز، باستخدام منهجية سطح الاستجابة. وفي هذا السياق، فإن المتغيرات المستقلة هي نسبة زلال البيض (%) (1.54, 3, 5, 7, 8.46) و زمن الخلط (min) (6.54, 8, 10, 12, 13.46). أما المتغيرات التابعة فتتمثل في كثافة رغوة الموز وعائد المسحوق و هذا باستخدام مستوى مركب مركزي تم تقييم هذه الدراسة باستخدام MRS بواسطة برنامج Statistica v10. الجزء الثاني مخصص لدراسة تساوي امتصاص بودرة الموز في درجة 25 درجة مئوية فهي تشكل مصدرا مهما لاستقرار المنتج الغذائي، وكذلك شروط الحفظ. تشير النتائج إلى أنه من أجل تحقيق كثافة (0.255 غ/سم<sup>3</sup>)، فإن نسبة زلال البيض (5%) و وقت الخلط (13.46 دقيقة)؛ في حين من أجل مردود (>0.2) فإنه يأخذ معدل (8.46%) و زمن الخلط 10 دقيقة. المنحنى متساوي الحرارة الذي تم الحصول عليه له شكل سيني من النوع الثاني. يتم تعديل المعطيات التجريبية بتطبيق نموذج GAB. محتوى الماء في الطبقة أحادية الجزيئية  $X_m = 3.55\%$  في الختام، تستنتج من هذه الدراسة أن المتغيرات المستقلة لها تأثير كبير على الكثافة والمردود.

**الكلمات الرئيسية:** بودرة الموز، سطح الاستجابة، التحسين، متساوي الحرارة امتصاص