



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

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : Technologie alimentaire

القسم:التكنولوجيا الغذائية

Spécialité : Élaboration et qualité des aliments

التخصص : إعداد و نوعية الأطعمة

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme de Master

THEME

Optimisation des facteurs influençant la qualité organoleptique du chocolat au lait par la méthodologie des surfaces de réponses

Présenté Par : MEZIANI Yasmine

Soutenu le : 27/10/2020

MENCHTEL Nourelhouda

Devant le jury composé de :

Président :

M. GUEZLANE L.

Professeur à ENSA

Promoteur :

M. FERRADJI A.

Professeur à ENSA

Examineurs :

Mme. AIT CHAOUCHE F.S.

Maître de conférences à université de Blida

Mme. BELHACHET D.

Maître de conférences à l'ESSAIA

M. BOUKHARI N.

Docteur en science alimentaire

2015/2020

Sommaire

Introduction générale	1
Partie I : Synthèse bibliographique	3
Chapitre 1 : Généralité sur le cacaoyer	3
1. Cacaoyer.....	3
1.1. Systématique du cacaoyer	3
1.2. Description botanique du cacaoyer.....	4
1.2.1. Fruit	4
1.2.2. Fève de cacao	5
1.3. Ecologie du cacaoyer.....	5
1.3.1. Facteurs Climatiques.....	6
1.3.1.1. Température	6
1.3.1.2. Pluviosité.....	6
1.3.1.3. Humidité Atmosphérique.....	6
1.3.1.4. Lumière et rôle de l'ombrage	6
1.3.2. Facteurs édaphiques	6
2. Variétés de cacao	7
2.1. Variété Criollo.....	7
2.2. Variété Forastero.....	7
2.3. Variété Trinitario	8
2.4. Variété Nacional	8
3. Production mondiale du cacao	8
4. Récolte et préparation du cacao marchand	10
4.1. Récolte des cabosses du cacaoyer.....	10
4.2. Ecabossage	11
4.3. Fermentation	12
4.3.1. Méthodes de fermentation	12
4.3.2. Processus de fermentation	13
4.3.2.1. Fermentation externe.....	13
4.3.2.2. Fermentation interne	15
4.4. Séchage.....	18
4.4.1. Séchage naturel.....	18
4.4.2. Séchage artificiel	18
5. Stockage des fèves de cacao	19

Chapitre 2 : Produits du cacao.....	21
1. Beurre de cacao	21
1.1. Définition.....	21
1.2. Obtention du beurre de cacao.....	21
1.3. Composition du beurre de cacao	22
1.4. Caractéristiques du beurre de cacao	23
1.4.1. Caractéristiques organoleptiques.....	23
1.4.2. Caractéristiques physiques.....	23
1.4.3. Fusion et cristallisation du beurre de cacao	24
2. Poudre de cacao	26
2.1. Définition.....	26
2.2. Fabrication de poudre de cacao.....	26
2.2.1. Alcalinisation du cacao	26
2.2.2. Pressage	27
2.2.3. Blutage des tourteaux.....	27
2.3. Qualité et caractéristiques des poudres de cacao	27
Chapitre 3 : Généralité sur le chocolat.....	29
1. Etymologie du chocolat.....	29
2. Historique du chocolat	29
3. Marché mondial du chocolat.....	30
4. Définition du chocolat.....	30
5. Législation des matières grasses végétales autres que le beurre de cacao dans le chocolat.....	31
6. Technologie de transformation du chocolat.....	31
6.1 Torréfaction.....	32
6.1.1. Réactions de Maillard	33
6.2. Criblage et nettoyage de cacao.....	35
6.3. Mélange des fèves de cacao	35
6.4. Broyage et affinage des fèves de cacao	36
6.5. Mélange et pétrissage	36
6.6. Broyage-affinage des ingrédients	36
6.7. Conchage	37
6.7.1. Effets du conchage	37
6.7.1.1. Effets mécaniques.....	38
6.7.1.2. Effets physiques.....	38

6.7.1.3. Effets chimiques	38
6.8. Tempéragé	38
6.9. Moulage et emballage.....	39
7. Conservation du chocolat.....	39
7.1. Température de stockage.....	39
7.2. Humidité.....	40
7.3. Lumière, air et odeurs	40
8. Composition chimique du chocolat.....	41
8.1. Glucides.....	41
8.2. Protéines	41
8.3. Lipides	41
8.4. Fibres	42
8.5. Minéraux	42
8.6. Vitamines.....	42
8.7. Méthylxanthines.....	43
8.8. Polyphénols	44
9. Qualité du chocolat	44
9.1. Qualité bactériologique du chocolat	44
9.2. Qualité organoleptique du chocolat :.....	44
9.3. Qualité nutritionnelle du chocolat.....	45
10. Méfaits du chocolat sur la santé.....	46
Partie II : Etude expérimentale	47
Matériels et Méthodes.....	47
1. Matériels.....	47
1.1. Matières premières.....	47
1.2. Matériels techniques	47
2. Méthodes.....	48
2.1. Dosage de la matière grasse résiduelle de la poudre de cacao	48
2.2. Formulation de chocolat au lait.....	48
2.2.1. Optimisation des effets des composants influençant la qualité organoleptique du chocolat au lait par la méthodologie des surfaces de réponses	48
2.2.2. Préparation des barres de chocolat au lait.....	50
2.2.3. Analyse sensorielle.....	51

2.2.3.1. Sujets	51
2.2.3.2. Épreuve et descripteur sensoriels	51
2.2.3.3. Mode de présentation des échantillons	51
2.2.3.4. Analyse des données de la dégustation	52
2.2.4. Analyses statistiques	52
Résultats et discussion	53
1. Teneur en matière grasse résiduelle de la poudre de cacao	53
2. Optimisation des effets des ingrédients influents la qualité organoleptique du chocolat au lait par la méthodologie des surfaces de réponses	53
2.1. Plan expérimental et analyses statistiques.....	53
2.2. Interprétation des résultats par la Méthodologie des Surfaces de Réponses.....	54
2.2.1. Analyse de screening	55
2.2.1.1. Diagramme de Pareto.....	55
2.2.2. Analyse de la variance (ANOVA) de l'effet des différents ingrédients sur les réponses	57
2.2.2.1. Modélisation statistique de la formulation de chocolat au lait	59
2.2.2.1.1. Modélisation de la réponse ASPECT	59
2.2.2.1.2. Modélisation de la réponse Odeur	61
2.2.2.1.3. Modélisation de la réponse Claquement.....	62
2.2.2.1.4. Modélisation de la réponse goût	63
2.2.3. Représentation graphique de l'effet des différents facteurs sur le goût du chocolat au lait.....	64
2.2.3.1. Variation de la réponse goût en fonction du beurre de cacao et la poudre de lait	64
2.2.3.2. Variation de la réponse goût en fonction de la poudre de lait et la poudre de cacao	66
2.2.3.3. Variation de la réponse goût en fonction de beurre de cacao et la poudre de cacao	67
2.2.4. Graphiques des effets principaux de la réponse goût.....	69
2.2.5. Optimisation du goût de chocolat au lait par la méthode de fonction de désirabilité.....	70
Conclusion générale et perspectives	73
Perspectives	74
Références Bibliographiques.....	75
Annexes	80

Résumé

Le but de ce travail consiste à étudier et optimiser l'influence de la formulation en poudre de lait, beurre de cacao et poudre de cacao sur les propriétés organoleptiques du chocolat au lait déterminées principalement par l'aspect, l'odeur, le claquement et le goût. Dans ce cadre, on a utilisé la méthodologie des surfaces de réponses en adoptant un plan composite centré pour l'optimisation de la formulation. Le modèle est significatif car les valeurs des R^2 sont supérieures à 0.80. Il s'est avéré que le beurre de cacao et la poudre de cacao ont des effets significatifs sur l'ensemble des composantes de la qualité organoleptique, alors que le lait en poudre seul affecte seulement l'aspect du chocolat. Les proportions optimales pour l'élaboration des barres de chocolat au lait de bon goût sont de 15% pour la poudre de lait et de cacao, et 27% pour le beurre de cacao.

Mots clé :

Optimisation, chocolat au lait, poudre de lait beurre de cacao, poudre de cacao, qualité organoleptique, méthodologie des surfaces de réponses, plan composite centré.

Abstract

The aim of this work is to study and optimize the influence of the formulation of milk powder, cocoa butter and cocoa powder on the organoleptic properties of milk chocolate, determined mainly by appearance, smell, rattling and taste. For that the response surface methodology was used, adopting a composite centered design for formulation optimization. The model is significant because the R^2 values are greater than 0.80. Cocoa butter and cocoa powder were found to have significant effects on all components of organoleptic quality, while milk powder only affects the appearance of chocolate. The optimal proportions for the production of tasty milk chocolate bars are 15% for milk and cocoa powder and 27% for cocoa butter.

Key words:

Optimization, milk chocolate, milk powder, cocoa butter, cocoa powder, organoleptic quality, response surface methodology, centered composite plan.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة وتمثيل تأثير مسحوق الحليب، زبدة الكاكاو و مسحوق الكاكاو على الخصائص الحسية لشوكولاتة الحليب، والتي تحدّد بشكل أساسي من خلال المظهر، الرائحة، القرمشة و الذوق. في هذا السياق استخدمنا منهجية أسطح الإجابة اعتماداً على خطة مركبة مركزية لتحسين الصياغة. هذا النموذج مهم لأن قيم R^2 أكبر من 0.80. ثبت أن زبدة الكاكاو و مسحوق الكاكاو لهما تأثير كبير على جميع الخصائص الحسية للجودة، بينما الحليب المجفّف وحده يؤثر فقط على مظهر الشوكولاتة. النسب المثلى لصنع ألواح شوكولاتة الحليب ذات مذاق جيد هي 15% للحليب ومسحوق الكاكاو و 27% لزبدة الكاكاو.

الكلمات المفتاحية:

التحسين، شوكولاتة الحليب، مسحوق الحليب، زبدة الكاكاو، مسحوق الكاكاو، الجودة الحسية، منهجية سطح الاستجابة، خطة مركبة مركزية