



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique  
Département : Technologie alimentaire  
Spécialité : Elaboration et qualité des aliments

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة  
القسم: تكنولوجيا الغذاء  
التخصص: اعداد و نوعية الاغذية

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme de Master

## ***THEME***

**Optimisation de l'effet des sels de fonte sur la qualité des fromages  
fondus par la Méthodologie des surfaces de réponse**

Présenté Par : HAMITOUCHE Manel

Soutenu Publiquement le 19/10/2020

MOUSTIRI Farah Imene

Devant le jury composé de :

**Président :**

**M.GUEZLANE L.**

Professeur, ENSA

**Promoteur :**

**M.FERRADJI A.**

Professeur, ENSA

**Examineurs :**

**Mme AIT CHAUCHE F.S**

Maître de conférences à l'université de BLIDA 1

**Mme BELHACHET D.**

Maître de conférences à L'ESSAIA

**M. BOUKHARI N.**

Docteur en sciences alimentaires

**Promotion : 2015/2020**

## Table des matières

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des abréviations

Introduction générale

|   |    |
|---|----|
| <b>CHAPITRE I : Généralités sur le fromage fondu</b> .....                      | 3  |
| I.1 Historique.....   | 3  |
| I.2 Définition du fromage fondu .....   | 3  |
| I.3 Les différents types des fromages fondus.....                               | 4  |
| I.3.1 Fromage fondu de type « bloc ».....                                       | 4  |
| I.3.2 Fromage fondu type « coupe ».....   | 5  |
| I.3.3 Fromage fondu tartinable .....  | 5  |
| I.3.4 Fromage fondu ayant une texture « crème ».....                            | 5  |
| I.3.5 Fromage fondu toastable .....   | 5  |
| I.3.6 Fromage fondu thermostable.....   | 5  |
| ❖ Autre classification :.....   | 6  |
| I.4 Composition et valeur nutritive du fromage fondu : .....                    | 6  |
| I.4.1 Composition.....  | 6  |
| I.4.1.1 Eau.....  | 6  |
| I.4.1.2 Matière grasse .....  | 6  |
| I.4.1.3 Protéines.....  | 6  |
| I.4.1.4 Glucides.....   | 7  |
| I.4.1.5 Calcium et phosphore.....   | 7  |
| I.4.1.6 Vitamines .....   | 7  |
| I.4.2 Valeur nutritionnelle .....   | 8  |
| I.5 Les matières premières utilisées dans la fabrication du fromage fondu ..... | 8  |
| I.5.1 Les Fromages de fonte .....   | 8  |
| I.5.2 La poudre de lait.....  | 8  |
| I.5.3 La Préfonte.....  | 9  |
| I.5.4 L'eau .....   | 9  |
| I.5.5 Autres matières premières laitières .....                                 | 9  |
| I.5.6 Les sels de fonte .....   | 10 |

|  |           |
|--|-----------|
| I.6 Technologie de fabrication du fromage fondu.....                               | 11        |
| I.6.1 Les étapes de fabrication du fromage fondu .....                             | 12        |
| I.6.1.1 Sélection de matières premières et contrôle de qualité .....               | 12        |
| I.6.1.2 Écroutage, découpage et broyage des fromages :.....                        | 12        |
| I.6.1.3 Préparation de la formule .....  | 12        |
| I.6.1.4 Cuisson et traitement thermique du mélange : .....                         | 12        |
| I.6.1.5 Homogénéisation.....   | 13        |
| I.6.1.6 Conditionnement .....  | 13        |
| I.6.1.7 Refroidissement.....   | 14        |
| I.6.1.8 Stockage du produit fini .....   | 14        |
| I.7 Biochimie de la fonte.....   | 15        |
| I.7.1 L'échange ionique.....   | 15        |
| I.7.2 La Peptisation.....  | 16        |
| I.7.3 Le Crémage .....   | 16        |
| I.8 Facteurs favorisant la fonte.....  | 16        |
| I.8.1 Effet de l'affinage du fromage .....   | 16        |
| I.8.2 Effet du pH.....   | 17        |
| I.8.3 Effet des sels de fonte.....   | 17        |
| I.9 Les principaux défauts de fromages fondus. ....                                | 18        |
| I.10 Contrôle de la qualité.....   | 19        |
| <br>   |           |
| <b>CHAPITRE II : Le système HACCP .....</b>  | <b>23</b> |
| II.1 Historique : .....  | 23        |
| II.2 Définition.....   | 23        |
| II.3 Objectifs .....   | 23        |
| II.4 Intérêts et avantages du système HACCP pour le secteur agro-alimentaire ..... | 24        |
| II.5 Les éléments d'un système HACCP .....   | 24        |
| II.5.1 Les programmes PRP.....   | 24        |
| II.5.2 Le plan HACCP .....   | 25        |
| II.6 Principes du système HACCP .....  | 25        |
| II.7 Etapes de la mise en place du système HACCP .....                             | 26        |
| Étape 1 : Constitution de l'équipe HACCP .....                                     | 27        |

|   |    |
|---|----|
| Étape 2 : Décrire le produit.....   | 28 |
| Étape 3 : Description de l'utilisation prévue du produit :.....                                     | 28 |
| Étape 4 : Établir un diagramme des opérations .....   | 28 |
| Étape 5 : Validation des diagrammes de fabrication .....  | 28 |
| Étape6 : Analyse des dangers .....  | 28 |
| Étape 7 : Détermination des points critiques pour la maîtrise (CCP ou Critical Control Point) ..... | 30 |
| Étape 8 : Établir les limites critiques pour chaque CCP .....                                       | 30 |
| Étape 9 : Établir un système de surveillance des CCP .....  | 30 |
| Étape 10 : Établir des actions correctives.....   | 30 |
| Étape 11 : Vérifier le système HACCP .....  | 31 |
| Étape 12 : Établir un système documentaire .....  | 31 |

## **Matériel et méthodes**

|   |    |
|---|----|
| 1. Cadre de travail .....   | 34 |
| 2. Matériels.....   | 34 |
| 2.1 Matières premières .....  | 34 |
| 2.2 Équipements et appareillage .....   | 34 |
| 3. Méthodes.....  | 35 |
| 3.1 Les PRP selon le diagramme d'Ishikawa .....   | 35 |
| 3.2 Formulation du fromage fondu.....   | 36 |
| 3.2.1 Optimisation de la qualité du fromage par la Méthode des Surfaces de Réponse..... | 36 |
| 3.2.2 Diagramme de fabrication .....  | 37 |
| 3.3 Les analyses réalisées sur le fromage .....   | 39 |
| 3.3.1 Les analyses physico-chimiques.....   | 39 |
| 3.3.2 Les Analyses sensorielles .....   | 39 |
| 3.3.3 Analyse statistique.....  | 40 |

## **Résultats et Discussion**

|  |    |
|--|----|
| 1. Résultats des analyses physicochimiques des fromages fondus .....   | 42 |
| 1.1 pH du fromage fondu.....   | 42 |
| 1.2 Extrait sec total .....  | 42 |
| 2. Optimisation des paramètres influençant la formulation du fromage fondu par la méthodologie des surfaces de réponse ..... | 43 |
| 2.1 Résultats de l'analyse sensorielle .....   | 43 |
| 2.1.1 Analyse globale des résultats.....   | 44 |
| 2.2 Interprétation des résultats par la Méthodologie de Surface de Réponse.....  | 44 |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2.1 Analyse de screening .....   | 44        |
| 2.2.2 Analyse de la variance .....   | 45        |
| 2.2.3 Optimisation de la formulation du fromage fondu par la méthodologie des surfaces de réponse. . | 47        |
| 2.2.4 Diagrammes des surfaces de réponse. ....   | 49        |
| 2.2.5 Graphiques des tracés des iso-réponses.....  | 53        |
| 2.2.6 Optimisation des paramètres du Goût.....   | 55        |
| <b>Conclusion.....</b>   | <b>60</b> |
| <b>Références bibliographiques .....</b>   | <b>61</b> |
| <b>Liste des Annexes .....</b>   | <b>70</b> |
| <b>Résumé</b>  |           |

## Résumé

De par son coût abordable et son goût relativement apprécié, le fromage fondu est un produit de large consommation dans le monde. L'objectif de ce travail est l'optimisation de l'effet de la poudre de lait, matière grasse et sels de fonte sur la qualité organoleptique du fromage fondu par la méthodologie des surfaces de réponse (MSR) en utilisant un programme factoriel de type  $3^3$ . Le traitement statistique des données a révélé que ces trois constituants ont un effet significatif sur le goût. Les résultats de cette étude permettent de conclure que pour formuler un fromage fondu ayant un bon goût il est recommandé de respecter les limites des quantités de chaque constituant comme suit [200 ; 210g/kg] ; [90 ; 105g/kg] ; [16 ; 21.25g/kg] respectivement pour la poudre de lait, matière grasse et sels de fonte.

**Mots clés :** Fromage fondu, Optimisation, Surface de réponse, Qualité organoleptique, sels de fonte

## Abstract :

Due to its affordable cost and relatively popular taste, processed cheese is a widely consumed product around the world. Objective of this work is the optimization of the effect of milk powder, fat and melting salts on the organoleptic quality of processed cheese by the methodology of response surfaces (MSR) using a factorial program of type  $3^3$ . Statistical processing of the data revealed that these three constituents have a significant effect on taste. The results of this study allow to conclude that to formulate a processed cheese having a good taste it is recommended to respect the limits of the quantities of each constituent as follows [200; 210 g / kg]; [90; 105 g / kg]; [16; 21.25g / kg] respectively for milk powder, fat and melting salts.

**Key words:** Processed cheese, Optimization, response surface, Organoleptic quality, Melting salts

## ملخص

نظرًا لتكلفتها المعقولة ومذاقها الشائع نسبيًا ، يتم استهلاك الجبن المطبوخ على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم. الهدف من هذا العمل هو تحسين تأثير الحليب المجفف والدهون والأملاح الذوبان على الجودة الحسية للجبن المعالج من خلال منهجية أسطح الاستجابة باستخدام برنامج عاملي من النوع  $3^3$ . كشفت المعالجة الإحصائية للبيانات أن هذه المكونات الثلاثة لها تأثير كبير على الذوق. تسمح نتائج هذه الدراسة باستنتاج أنه لتكوين جبن مطبوخ ذو مذاق جيد يوصى بمراعاة حدود كميات كل مكون على النحو التالي [200؛ 210 غ/كغ] ؛ [90 ؛ 105 غ/كغ] ؛ [16 ؛ 21.25 غ/كغ] على التوالي لمسحوق الحليب والدهون وأملاح الذوبان.

**الكلمات المفتاحية:** الجبن المعالج ، التحسين ، سطح الاستجابة ، الجودة الحسية ، أملاح الذوبان