



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: Elaboration et qualité des Aliments

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة  
القسم: تكنولوجيا الغذاء  
التخصص: اعداد ونوعية الأطعمة

Mémoire De Fin D'études  
En Vue De L'obtention Du Diplôme Master

### ***THEME***

**Optimisation de quelques paramètres influençant la  
formulation du fromage fondu par la méthodologie des  
surfaces de réponse.**

Soutenu publiquement le: 28 / 07 / 2021

Présenté par: MECHOU Melissa

MELAZ Lina

Devant le jury composé de :

Président :

**M. GUEZLANE Louardi** Professeur, ENSA

Mémoire dirigé par :

**M. FERRADJI Ali** Professeur, ENSA

Examineurs :

**M. BOUKHARI Nabil** Maitre de conférences à l'université de Blida

**Mme. AIT CHAUCHE Feriel. S** Maitre de conférences à l'université de Blida

Invité :

**M.MEDJBER Nacer** Producteur

**PROMOTION : 2016/2021**

## **TABLE DES MATIERES**

**Liste des abréviations**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des annexes**

**Introduction générale**

### **PARTIE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

#### **CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE FROMAGE FONDU**

**1.1. FROMAGE FONDU ..... 20**

**1.2. LES TYPES DU FROMAGE FONDU ..... 21**

1.2.1.FROMAGE FONDU TYPE « BLOC » ..... 21

1.2.2.FROMAGE FONDU TYPE « COUPE » ..... 21

1.2.3.FROMAGE FONDU TARTINABLE ..... 21

1.2.4.FROMAGE FONDU TOASTABLE (POUR REFONTE) ..... 21

1.2.5.FROMAGE FONDU THERMOSTABLE ..... 21

**1.3.LES CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES DU FROMAGE FONDU ..... 22**

1.3.1. LES PROTEINES ..... 24

1.3.2. LES LIPIDES ..... 24

1.3.3. LE LACTOSE ..... 24

1.3.4. LE CALCIUM ..... 24

1.3.5. LE PHOSPHORE ..... 24

1.3.6. LE SODIUM ..... 25

#### **CHAPITRE II : FABRICATION DU FROMAGE FONDU**

**2.1. PROTOCOLE DE FABRICATION ..... 27**

2.1.1. SELECTION ET MELANGE DES FROMAGES NATURELS ..... 27

2.1.2. AJOUT DES EMULSIFIANTS, D'EAU ET D'AUTRES MATIERES ET CUISSON ..... 27

2.1.3. STABILISATION THERMIQUE ..... 27

2.1.4. KREMAGE ..... 27

2.1.5. CONDITIONNEMENT ..... 27

2.1.6. REFROIDISSEMENT ..... 28

2.1.7. STOCKAGE ..... 28

**2.2. INGREDIENTS UTILISES EN FABRICATION ..... 28**

2.2.1. MATIERES PREMIERES LAITIERES ..... 28

2.2.1.1. Fromages ..... 28

2.2.1.2. Préfonte ..... 28

2.2.1.3. Poudre de lait et lactosérum ..... 29

2.2.1.4. Matières grasses ..... 29

2.2.2. MATIERES PREMIERES NON LAITIERES ..... 29

2.2.2.1. Eau .....	29
2.2.2.2. Les additifs.....	30
i. Sels de fonte.....	30
ii. Agents de texture (hydro colloïdes) .....	30
iii. Correcteurs d'acidité.....	30
<b>CHAPITRE III : BIOCHIMIE DE LA FONTE .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. LES SELS DE FONTE .....</b>	<b>32</b>
3.1.1. DEFINITION : .....	32
3.1.2. LE ROLE DES SELS DE FONTE .....	32
3.1.2.1. Solubilisation des protéines et séquestration du calcium .....	32
3.1.2.2. Ajustement du ph.....	32
3.1.2.3. Fonction antimicrobienne .....	32
3.1.2.4. Effet sur les propriétés sensorielles .....	33
3.1.3. LES TYPES DES SELS DE FONTE.....	33
3.1.3.1. Les phosphates.....	33
3.1.3.2. Les citrates.....	33
<b>3.2. PROCESSUS PHYSICOCHIMIQUE DE LA FONTE .....</b>	<b>33</b>
3.2.1. ECHANGE IONIQUE .....	33
3.2.2. PEPTISATION .....	34
3.2.3. L'EMULSIFICATION DONT LA RESULTANTE EST LE KREMAGE.....	34
3.2.4. LA STABILISATION DE LA STRUCTURE .....	34
<b>3.3. INFLUENCE DE LA MATIERE PREMIERE .....</b>	<b>35</b>
3.3.1. L'AGE DU FROMAGE NATUREL .....	35
3.3.2. LE PH DU FROMAGE NATUREL .....	35
3.3.3. LA TENEUR TOTALE EN CALCIUM.....	35
3.3.4. TENEUR EN CASEINE.....	35
<b>3.4. LES PROPRIETES FONCTIONNELLES DU FROMAGE FONDU .....</b>	<b>36</b>
3.4.1. PRINCIPALES PROPRIETES TEXTURALES NON FONDUES .....	36
3.4.2. PRINCIPALES PROPRIETES TEXTURALES FONDUES.....	37
<b>3.5. LA VISCOSITE .....</b>	<b>37</b>
<b>3.6. AJOUT DE LA PREFONTE .....</b>	<b>37</b>
<b>CHAPITRE IV: LE LACTOSERUM</b>	
<b>4.1. LE LACTOSERUM.....</b>	<b>40</b>
4.1.1. DEFINITION .....	40
4.1.2. LES DIFFERENTS TYPES DU LACTOSERUM : .....	40
4.1.2.1. Le lactosérum doux.....	40
4.1.2.2. Le lactosérum acide .....	40
4.1.3. COMPOSITION DU LACTOSERUM.....	41
4.1.3.1. Le lactose.....	41
4.1.3.2. Les protéines.....	41
4.1.3.3. Les minéraux.....	42
4.1.3.4. Les vitamines .....	42
4.1.3.5. La matière grasse.....	42

4.1.4.LA VALORISATION DE LACTOSERUM .....	42
4.1.4.1.Le séchage des lactosérums.....	43

**PARTIE 1 : ETUDE EXPERIMENTALE**

**CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES**

<b>1.1. MATERIELS.....</b>	<b>46</b>
1.1.1.MATIERES PREMIERES UTILISEES DANS LA FABRICATION DU FROMAGE FONDU .....	46
1.1.2.EQUIPEMENT ET APPAREILLAGE .....	46
<b>1.2. METHODES .....</b>	<b>47</b>
1.2.1.OPTIMISATION DE LA QUALITE ORGANOLEPTIQUE DU FROMAGE FONDU PAR LA M.S.R.....	47
1.2.2.FORMULATION DU FROMAGE FONDU.....	49
1.2.3.DETERMINATION DU PH .....	50
1.2.4.DETERMINATION DE L'EXTRAIT SEC.....	50
1.2.5.DETERMINATION DE L'ACTIVITE DE L'EAU .....	51
1.2.6.DOSAGE DE CALCIUM .....	51
1.2.7.MESURE DE LA PEPTISATION .....	52
1.2.8.DETERMINATION DE LA VISCOSITE.....	52
1.2.9.ANALYSE SENSORIELLE .....	53
1.2.9.1.Sujets.....	53
1.2.9.2.Épreuve et descripteur sensoriels .....	53
1.2.9.3.Mode de présentation des échantillons.....	53
1.2.9.4.Analyse des données.....	53
1.2.10.ANALYSE STATISTIQUE.....	53

**CHAPITRE II: RESULTATS ET DISCUSSION**

<b>2.1. ANALYSE STATISTIQUE.....</b>	<b>56</b>
2.1.1. PLAN EXPERIMENTAL .....	56
2.1.2. INTERPRETATION DES RESULTATS PAR LA METHODOLOGIE DE SURFACE DE REPONSE .....	58
2.1.2.1. Analyse de screening .....	58
i. Le diagramme de pareto pour la réponse goût.....	59
ii. Le diagramme de pareto pour la réponse extrait sec .....	59
iii. Le diagramme de pareto pour la réponse activité d'eau.....	60
2.1.2.2. Analyse de la variance .....	60
2.1.2.3. Modélisation statistique de la formulation.....	61
i. Modélisation de la réponse goût.....	62
ii. Modélisation de la réponse extrait sec .....	63
iii. Modélisation de la réponse activité de l'eau.....	64
2.1.2.4. Représentation graphique de l'effet des différents facteurs sur la réponse goût .....	64
i. Variation de la réponse goût en fonction du sel de fonte et de poudre de lait/lactosérum.....	65
ii. Variation de la réponse goût en fonction du sel de fonte et de la vitesse de cisaillement .....	66
iii. Variation de la réponse gout en fonction du poudre de lait/lactosérum et de la vitesse de cisaillement.....	67
2.1.2.5.Graphiques des effets principaux de la réponse goût .....	68
2.1.2.6.Optimisation du goût de fromage fondu par la méthode de fonction de désirabilité .....	69

## *Table des matières*

<b>2.2.</b>	<b>EFFET DU PH.....</b>	<b>70</b>
<b>2.3.</b>	<b>LA VISCOSITE .....</b>	<b>71</b>
<b>2.4.</b>	<b>LE TEST DE PEPTISATION .....</b>	<b>71</b>
<b>2.5.</b>	<b>L'ETAT DU CALCIUM .....</b>	<b>72</b>

**Conclusion**

**Références bibliographiques**

**Résumé**

Résumé :

**Objectif :** Le présent travail porte sur l'optimisation de l'effet de sel de fonte, le rapport poudre de lait /lactosérum, et vitesse de cisaillement sur la formulation du fromage fondu par la méthodologie des surfaces de réponse. **Méthodologie :** on a utilisé un plan Box Behnken à trois niveaux qui a généré un plan expérimental de 15 formules différentes de fromage fondu, puis on a procédé à l'optimisation des trois facteurs influençant la qualité organoleptique du fromage fondu. **Résultats :** Le modèle étudié est significatif avec 82% de compatibilité des données expérimentales. Il s'est avéré que le rapport poudre du lait /lactosérum représente le facteur le plus déterminant du goût, et qui a le plus d'influence sur l'extrait sec. Alors qu'aucun facteur n'a un effet significatif sur l'activité de l'eau. **Conclusion :** Les résultats de cette étude ont permis de déterminer les proportions optimales pour formuler un fromage fondu ayant un goût apprécié. Ces proportions sont de 2.5% à 3% pour le sel de fonte, pour le rapport poudre de lait/lactosérum les valeurs sont comprises entre 50% et 65% de la poudre de lait correspondant à 50% et 35% du lactosérum, et une vitesse de cisaillement supérieure à 150t/min.

**Mots clés :** fromage fondu, lactosérum, optimisation, méthodologie des surfaces de réponse, goût, sel de fonte.

ملخص

**الهدف:** يركز العمل الحالي على تحسين تأثير ملح الذوبان، ونسبة مسحوق الحليب / مصل اللبن، وسرعة التحريك على صياغة الجبن المذاب من خلال منهجية **Surface de réponses**. المنهجية: استخدمنا خطة **Box Behnken** المكونة من ثلاثة مستويات والتي أنتجت تصميمًا تجريبيًا لـ 15 صيغة مختلفة من الجبن المذاب، ثم انتقلنا إلى تحسين العوامل الثلاثة التي تؤثر على الجودة الحسية للجبن المذاب. **النتائج:** تبين أن النموذج المدروس معبراً مع توافق 82% من البيانات التجريبية. لقد وجد أن نسبة مسحوق الحليب / مصل اللبن هي العامل الأكثر تحديداً في الذوق، والتي لها التأثير الأكبر على المستخلص الجاف. بينما لا يوجد عامل واحد له تأثير كبير على نشاط الماء. **الخلاصة:** أتاحت دراسة هذه النتائج تحديد النسب المثلى لتكوين جبن مذاب ذو مذاق مميز، وهي بين 2.5% و 3% لمصالح التدويب، بين 50% و 65% من مسحوق الحليب المقابل لـ 50% و 35% من مصل اللبن، وسرعة تحريك أكبر من 150 دورة في الدقيقة.

**الكلمات الدالة :** الجبن المذاب، مصل اللبن ، التحسين ، منهجية سطح الاستجابة ، الذوق ، ملح الذوبان.

Abstract:

**Objective:** The present work focuses on the optimization of the effect of melting salt, the milk powder/whey ratio, and shear rate on the formulation of processed cheese by the response surfaces methodology. **Methodology:** We used a three-level Box Behnken design which generated an experimental design of 15 different processed cheese formulas, then we proceeded to the optimization of the three factors influencing the organoleptic quality of the processed cheese. **Results:** The model studied is significant with 82% compatibility of the experimental data. It has been found that the milk powder / whey ratio is the most determining factor in taste, and which has the most influence on the dry extract. While no single factor has a significant effect on water activity. **Conclusion:** The results of this study made it possible to determine the optimal proportions for formulating a processed cheese with an appreciated taste, which are; between 2.5% and 3% for the cast iron salt, between 50% and 65% of the milk powder corresponding to 50% and 35% of the whey, and a shear speed greater than 150 r/m.

**Keywords:** processed cheese, optimization, response surface methodology, melting salt, whey, milk powder.