

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية – الحراش-الجزائر
Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach -Alger

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Technologie Alimentaire

Spécialité : Elaboration et qualité des aliments

THEME

Optimisation de la formulation du fromage analogue

En utilisant

la Méthodologie des Surfaces de Réponse.

Présenté par :

GHOUILA Karima

Soutenu le 29 Septembre 2016

Jury :

Président : M. BENCHABANE A.

Professeur (ENSA, Alger)

Promoteur : M. FERRADJI A.

Professeur (ENSA, Alger)

Examineurs : M. SADOUKI M.

Maitre-assistant A (ENSA, Alger)

Invité : M. SABER M.

Ingénieur technologue

M. BENSMAIL R.

Directeur de production

Promotion 2011/2016

Sommaire

Sommaire

Introduction.....	1
PARTIE I : Synthèse bibliographique	
Chapitre 1 : Le fromage.....	3
I.1. Fromage.....	3
I.1.1. Historique.....	3
I.1.2. Définition.....	3
I.1.3. Les étapes fondamentales de la fabrication d'un fromage.....	3
I.1.3.1. Préparation des laits.....	4
I.1.3.2. Coagulation.....	4
I.1.3.3. Égouttage.....	4
I.1.3.4. Salage.....	5
I.1.3.5. Affinage.....	5
I.2. Fromage fondu.....	6
I.2.1. Définitions.....	6
I.2.2. Aperçu historique et économique.....	6
I.2.3. Valeur nutritionnelle.....	7
I.2.4. Classification.....	9
I.2.5. Variété de présentations.....	9
I.2.6. Ingrédients utilisés en fabrication.....	10
I.2.6.1. Matières premières : Les fromages.....	10
I.2.6.2. Autres ingrédients.....	11
I.2.6.2.1. Produits laitiers.....	11
• Caséines et caséinates.....	11
• Cheese base et dérivés.....	11
• Crème, beurre et matière grasse laitière anhydre.....	11
I.2.6.2.2. Préfonte.....	11
I.2.6.2.3. Protéines végétales.....	12
I.2.6.2.4. Sels de fonte.....	12
I.2.6.2.4.1. Mécanisme d'action.....	12
I.2.6.2.4.2. Les propriétés des sels de fonte.....	13

Sommaire

• Le pouvoir complexant ou chélatant.....	13
• Pouvoir tampon.....	13
• Effet bactériostatique.....	13
• Effet sur le gout et la couleur.....	13
I.2.7. Les différentes étapes de la fabrication des fromages fondus.....	14
I.2.7.1. Sélection des matières premières et contrôle de qualité.....	14
I.2.7.2. Ecroûtage, découpage et broyage des fromages.....	15
I.2.7.3. Mélange des ingrédients.....	15
I.2.7.4. Fonte proprement dite.....	15
I.2.6.4.1. Peptisation.....	15
I.2.6.4.2. Le krémage –phase de restructuration.....	15
I.2.7.5. Homogénéisation.....	16
I.2.7.6. Conditionnement.....	16
I.2.7.7. Le refroidissement.....	16
I.2.7.8. Le stockage.....	16
I.2.8. Défaut de fabrication du fromage.....	17
I.2.9. Contrôle de qualité.....	19
I.2.9.1. Définition de la qualité.....	19
I.2.9.2. Objectifs.....	19
I.2.9.3. Les différents types de contrôle.....	19
I.2.9.3.1. Qualité de la matière première.....	19
I.2.9.3.2. Qualité au cours de fabrication.....	20
I.2.9.3.3. Qualité du produit fini.....	20
I.3. Fromage analogue.....	21
I.3.1. Définition.....	21
I.3.2. Aperçu historique et économique.....	21
I.3.3. Ingrédients utilisés en fabrication.....	21
I.3.3.1. Les matières premières laitières.....	21
I.3.3.2. Matières premières non laitière.....	24
I.3.3.2.1. L'eau.....	24
I.3.3.2.2. Protéines et graisses végétales.....	24
I.3.3.2.3. Amidon.....	24
Pourquoi modifier l'amidon ?.....	24

Sommaire

• La réticulation.....	24
I.3.4. Méthode de fabrication.....	24
Chapitre II : Isotherme de sorption	
II.1. Introduction.....	25
II.2. Paramètres de mesure de l'état de l'eau dans les aliments.....	25
II.2.1. Teneur en eau des aliments.....	25
II.2.2. L'activité de l'eau.....	25
II.3. Relation entre la teneur en eau et l'activité de l'eau.....	26
II.4. Isotherme de l'eau.....	26
II.5. Phénomène d'hystérisis.....	28
II.6. Influence de la température sur les isothermes de sorption.....	30
II.7. Activité de l'eau et réactions de détérioration des aliments.....	30
II.8. Modèles théoriques d'isotherme.....	31
II.8.1. Model B.E.T.....	31
II.8.2. Modèle GAB.....	31
II.9. Chaleur de sorption.....	32
II.10. Intérêt des isothermes de sorption pour la technologie alimentaire.....	32
Partie II : Etude expérimentale.....	33
Chapitre I : Matériel et méthodes.....	33
I.1. Types de fromages étudiés.....	33
I.2.1. Mon Cheese.....	33
I.2.2. Fondelice.....	34
I.3. Analyses physicochimiques.....	35
I.3.1. Mesure du Ph.....	35
I.3.2. Mesure de l'extrait sec.....	35
I.4. La modélisation des surfaces de réponse.....	36
I.5. Isotherme de désorption.....	36
I.5.1. Détermination de l'isotherme de sorption.....	37
I.5.2. L'application des modèles mathématiques.....	37

Sommaire

Chapitre II : Résultats et discussions.....	39
II.1. Caractéristiques physicochimique du fromage.....	39
II.2. Optimisation de la formulation du fromage analogue par la méthodologie de surface de réponse.....	39
II.2.1. Analyse statistique.....	39
II.2.1.1. Diagramme de pareto pour l'extrait sec.....	42
II.2.1.2. Analyse de la variance de l'effet de différents paramètres sur l'extrait sec ..	42
II.2.1.2.1. Représentation graphique des effets des différents paramètres sur l'extrait sec ..	43
II.2.1.3. Diagramme de pareto pour l'activité d'eau.....	48
II.2.1.4..Analyse de la variance de l'effet de différents paramètres sur l'activité d'eau.....	48
II.2.1.4.1. Représentation graphique des effets des différents paramètres sur l'activité d'eau ..	49
II.3. Isotherme de sorption de fromage analogue et fromage fondu.....	52
II.3.1. Isotherme de sorption de fromage analogue.....	52
II.3.1.1. Détermination expérimentales des Isothermes de sorption de fromage analogue.....	52
II.3.1.2. Courbe des isothermes de sorption.....	53
II.3.1.2.1. Description de la courbe.....	53
II.3.1.3. Modélisation mathématique de la variation de la teneur en eau à l'équilibre en fonction de l'activité de l'eau.....	54
II.3.2. Isotherme de sorption de fromage fondu.....	56
II.3.2.1. Détermination expérimentales d'isotherme de désorption de fromage fondu.....	56
II.3.2.2. Courbe d'isotherme de désorption.....	56
II.3.2.2.1. Modélisation mathématique de la variation de la teneur en eau à l'équilibre en fonction de l'activité de l'eau.....	57

Sommaire

II.3.2.2.2. Ajustement des valeurs expérimentales au modèle de GAB.....	58
II.3.2.2.3. Calcul de la chaleur de sorption de la couche monomoléculaire et la multicouche à une température du 5°C.....	59
Conclusion.....	60

Résumé :

L'objet de notre étude est de déterminer les isothermes de sorption du fromage fondu d'un fromage analogue par la méthode gravimétrique. Nous avons aussi étudié l'effet de certains paramètres sur le procès.

Les résultats obtenus ont montré que le fromage analogue et fondu se conservent bien vu que la valeur de X_m obtenu par le model de GAB est inférieur à 10. Concernant les paramètres influençant le procès, nous avons constaté que le quadratique de la force de cisaillement et l'interaction force de cisaillement-température ont un effet significatif sur l'extrait sec.

Mots clés : isotherme, fromage, conservation, GAB, extrait sec.

Abstract :

The object of our study is to dermine sorption isotherms of processed cheese and an analog cheese. Also, we have studied effect of some parameters on process.

The results shows a good and stability of both of cheese, because X_m value obtained by GAB model is less than 10. Concerning the parameters influencing process, we have deducted that quadratic shear power and interaction shear power and temperature have significant effect on assay.

Key words : isotherm, cheese, stability, GAB model, assay.

ملخص

إن الغرض من هذه الدراسة هو تحديد الإيزوترم للجبن الذائب والجبن المماثل بطريقة الجاذبية. لقد درسنا أيضا تأثير بعض

العوامل على عملية الإنتاج. اظهرت النتائج ان الجبن الذائب والجبن المماثل قابلين للحفظ بما أن قيمة X_m اقل من 10.

فيما يخص العوامل المؤثرة على عملية الإنتاج، وجدنا مربع قوة القص و تفاعل قوة القص و الحرارة له تأثير إيجابي على المستخلص الجاف.

كلمات البحث : إيزوترم، جبن، الحفظ، المستخلص الجاف ، GAB.