



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 : تكنولوجيا الغذاء

Spécialité : Elaboration et qualité des aliments

التخصص : إعداد ونوعية الأطعمة

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme Master

THEME

**Optimisation de l'effet des amidons modifiés de pomme de terre
sur la formulation du fromage analogue par la Méthodologie des
Surfaces de Réponse**

Présenté Par :

Soutenu Publiquement le 20 /07/2019

REMMACHE Souheyla

Devant le jury composé de :

Promoteur :

M. FERRADJI. A

Professeur, ENSA

Président :

M. GUEZLANE. L

Professeur, ENSA

Examineurs :

Mme. DOUMANDJI. A

Professeur, Université Blida 1

Invités :

Mme. OMARI. M

Gérante, SARL LIKO

M. SABER. M

Ingénieur technologue

PROMOTION : 2016/2019

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Liste des Annexes

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	2
CHAPITRE I : L'AMIDON NATIF ET SES PROPRIETES	2
I.1 Généralités sur l'amidon	2
I.2 Sources d'amidon	2
I.3 Utilisation industrielle de l'amidon	3
I.4 Amidon natif	4
I.4.1 Composition chimique de l'amidon	4
I.4.1.1 Fraction glucidique	4
I.4.1.1.1 Amylose	4
I.4.1.1.1.1 Propriétés de l'amylose	5
I.4.1.1.1.2 Amylopectine	6
I.4.1.1.1.2.1 Propriétés de l'amylopectine	6
I.4.1.2 Matériel intermédiaire	7
I.4.1.3 Fraction minoritaire non glucidique	7
I.4.3 Organisation structurale des granules d'amidon	7
I.4.4 Traitement thermique de l'amidon	9
I.4.5 Caractérisation rhéologique de l'amidon	10
I.4.6 Contraintes d'utilisation des amidons natifs	12
CHAPITRE II : AMIDONS MODIFIES	13
II.1 Définition	13
II.2 Technologies de modification des amidons	13
II.2.1 Modifications chimiques	13
II.2.1.1 Modification par réticulation et ses effets	13
II.2.1.1.1 Modification par substitution des fonctions hydroxyles (stabilisation)	13

II.2.2.3	Modification par oxydation des amidons	14
II.2.2.4	Modifications hydrophobes.....	14
II.2.2.5	Modification par fluidification et ses effets	14
II.2.2.6	Amidons spécifiques	14
II.2.2	Modifications physiques des amidons	16
II.2.2.1	Procédés de modification par traitement hydrothermique	16
II.2.2.1.1	Traitement par procédé HMT	16
II.2.2.1.2	L'Annealing	16
II.2.2.2	Modification par dextrinisation des amidons	16
II.2.2.2	Modification par traitement de précuisson.....	17
II.3	Utilisation des amidons modifiés en industrie alimentaire.....	17
II.4	Amidons modifiés agréés.....	17
	CHAPITRE III: PROPRIETES FONCTIONNELLES DES AMIDONS.....	18
III.1	Dispersion, Solubilité et Gonflement	18
III.2	Capacité d'absorption d'eau	18
III.4	Isothermes de sorption.....	18
III.4.1	Teneur en eau.....	18
III.4.2	Activité de l'eau.....	18
III.4.3	Les isothermes de sorption	19
III.4.4	Modèles théoriques des isothermes de sorption	20
III.4.4.1	Modèle B.E.T.....	20
III.4.4.2	Modèle G.A.B.....	21
	CHAPITRE IV: GENERALITE SUR L'ULTRASON	22
IV.1	Définition des ultrasons.....	22
IV.2	Phénomène de cavitation.....	22
IV.3	Applications des ultrasons en industries alimentaires.....	22
IV.4	Effets des ultrasons sur les amidons.....	23
	CHAPITRE V : FROMAGES FONDUS ET SPECIALITES FROMAGERES	
	FONDUES.....	24
V.1	Fromages fondus.....	24
V.2	Spécialités fromagères fondues	24
V.3	Classification	24
V.4	La formulation des fromages analogues (spécialité fromagère).....	25

V.4.1 Les fromages naturels	25
V.4.2 Eau	26
V.4.3 Autres matières premières.....	26
V.5 Interactions des amidons avec d'autres constituants alimentaires.....	27
V.5.1 Glucides	27
V.5.2 Lipides.....	28
V.5.3 Protéines.....	28
V.6 Technique de fabrication du fromage analogue (Guinee et al., 2004).....	28
V.7 Stockage du produit fini	29
V.8 Défauts de fabrication de fromage fondu	29
V.9 Avantages de production des fromages analogues	31
PARTIE II : MATERIEL ET METHODES	32
II.1 Amidons utilisés dans la formulation du fromage analogues	32
II.2 Matériel technique et méthodes analytiques	33
II.2.1 Détermination du taux d'humidité	33
II.2.2 Détermination de l'activité de l'eau :	33
II.2.3 Isotherme de sorption	33
II.2.3.1 Modèle mathématique des isothermes de sorption	33
II.2.4 Test d'amylose	34
II.2.5 Gonflement et solubilité.....	35
II.2.5.1 Solubilité	35
II.2.5.2 Gonflement.....	35
II.2.6 Optimisation de la solubilité des amidons traités par l'ultrason en utilisant la méthodologie de surface de réponse.....	35
II.2.6.1 Solubilité	37
II.2.6.2 Analyse statistique.....	37
II.2.7 Classement des amidons en fonction de la capacité d'absorption d'eau.....	37
II.2.8 Formulation du fromage analogue	38
II.2.8.1 Optimisation de la teneur en eau du fromage analogue par la méthodologie des surfaces de réponse	38
II.2.8.1.1 Formulation 1	38
II.2.8.1.2 Formulation 2.....	39
II.2.8.1.3 Analyse statistique	40
II.2.8.2 Analyse sensorielle.....	41

II.2.8.2.1 Sujets	41
II.2.8.2.2 Épreuve et descripteur sensoriels.....	41
II.2.8.2.3 Mode de présentation des échantillons	41
II.2.8.2.4 Analyse des données	41
PARTIE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	43
III.1 Isothermes de sorption des amidons.....	43
III.1.1 Valeurs expérimentales des isothermes de sorption	43
III.1.2 Description de la courbe des isothermes de sorption.....	44
III.1.3 Détermination des conditions optimales de stockage des différents amidons....	44
III.1.4 Comparaison des isothermes des différents amidons	45
III.1.5 Modèle d'isotherme de sorption	46
III.2 Test d'amylose.....	47
III.3 Gonflement et solubilité	49
III.4 Optimisation de la solubilité des amidons prétraités par l'ultrason en utilisant la méthodologie des surfaces de réponse	50
III.4.1 Plan expérimental et analyse statistique	50
III.4.2 Optimisation de la solubilité d'Eliane Gel 100.....	50
III.4.2.1 Diagramme de Pareto.....	52
III.4.2.2 Analyse de la variance de l'effet des différents paramètres sur la solubilité.....	52
III.4.2.3 Représentation graphique de l'effets des différents paramètres sur la solubilité d'Eliane gel 100.....	53
III.4.2.4 Équation modèle	61
III.5 Classement des amidons en fonction de la capacité d'absorption d'eau.....	61
III.6 Optimisation de la teneur en eau de la formulation du fromage analogue par la méthodologie de surface de réponse	62
III.6.1 Formulation 1 :.....	62
III.6.1.1 Diagramme de Pareto pour la teneur en eau de la formulation1	63
III.6.1.2 Analyse de la variance de l'effet des différents paramètres sur la teneur en eau de la formulation1	64
III.6.1.3 Représentation graphique de l'effet des différents paramètres sur la teneur en eau de la formulation 1	65
III.6.1.4 Équation modèle	69
III.6.2 Formulation 2.....	69
III.6.2.1 Diagramme de Pareto pour la teneur en eau de la formulation2.....	70

III.6.2.2 Analyse de la variance de l'effet des différents paramètres sur la teneur en eau de la formulation 2.....	71
III.6.2.3 Représentation graphique de l'effet des différents paramètres sur la teneur en eau de la formulation 2	72
III.7 Analyse sensorielle	75
III.7.1 Formulation 1	75
III.7.1.1 Diagramme de Pareto pour l'analyse sensorielle formulation 1	76
III.7.1.2 Analyse de la variance de l'effet des différents paramètres sur le pourcentage d'appréciation de la formulation 1	76
III.7.1.3 Représentation graphique de l'effet des différents paramètres sur l'appréciation du fromage analogue de la formulation 1	77
III.7.2 Formulation 2 :.....	81
III.7.2.1 Diagramme de Pareto pour l'analyse sensorielle formulation 2	81
III.7.2.2 Analyse de la variance de l'effet des différents paramètres sur l'analyse sensorielle de la formulation 2.....	81
III.7.2.3 Représentation graphique de l'effet des différents paramètres sur l'appréciation du fromage analogue de la formulation 2	82
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	86
RÉFÉRENCES BOBLIOGRAPHIQUES	88
ANNEXES	

Résumé :

Objectif : Le présent travail porte sur l'optimisation de l'effet des amidons modifiés de pomme de terre sur la formulation du fromage analogue par la méthodologie des surfaces de réponse. **Méthodologie :** La première partie de ce travail est consacré pour l'étude des isothermes de sorption par la méthode gravimétrique et la détermination des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des amidons (la teneur en amylose, le gonflement et la solubilité et la capacité d'absorption d'eau) avant son incorporation dans le fromage analogue. L'influence de type de l'amidon et la quantité incorporée sur les propriétés physico-chimiques (teneur en eau) ont été évalué. **Résultats :** Les résultats obtenus ont montré que les isothermes de sorption et les propriétés physico-chimiques sont différentes d'un amidon à un autre. Les résultats de l'incorporation des amidons dans le fromage analogue révèlent que le type et le taux de l'amidon ont un effet significatif sur la teneur en eau du produit fini. En ce qui concerne les facteurs affectant les amidons, on a constaté que l'ultrason a un effet positif sur la solubilité de l'amidon natif de pomme de terre. **Conclusion :** Les résultats de cette étude permettent de conclure que le Prejel HC et Eliane 100 incorporés dans la formulation respectivement à 4% et à 1,8% ont un effet significatif sur la teneur en eau du fromage analogue.

Mots clés : Isothermes de sorption, amidons modifiés, fromage analogue, propriétés fonctionnelles, surfaces de réponse.

Abstract:

Object: The present work focuses on the optimization of the effect of modified potato starches on the formulation of analog cheese by response surface methodology. **Methods:** The first part of this work concerns the study of sorption isotherms by the gravimetric method and the determinate on of physicochemical and functional properties of starches (amylose content, swelling, solubility, and absorption capacity of water) before incorporation into the analog cheese. The influence of type of starch and the amount incorporated on the physicochemical properties (water content) were evaluated. **Results:** The results obtained showed that the sorption isotherms and the physicochemical properties are different from one starch to another. The results of incorporating starches into the analog cheese reveal that the type and level of starch have a significant effect on the water content of the finished product. With regard to factors affecting starches, it has been found that ultrasound has a positive effect on the solubility of native potato starch. **Conclusion:** The results of this study let us to conclude that Prejel HC and Eliane 100 starches have a significant effect on the water content at an incorporation rate of 4% and 1,8 % of analog cheese respectively.

Key words: Sorption isotherms, modified starches, analog cheese, functional properties, response surfaces.

ملخص :

الهدف: يركز العمل الحالي على تحسين تأثير نشاء البطاطا المعدلة على صياغة الجبن التمثيلي بواسطة منهجية سطح الاستجابة. **الطريقة:** يكرس الجزء الأول من هذا العمل لدراسة الإيزوترم بواسطة طريقة الجاذبية والوظيفية للنشاء (محتوى الأميلوز، الانتفاخ، الذوبان وقدرة امتصاص الماء) وتحديد الخواص الفيزيوكيميائية قبل دمجها في الجبن التمثيلي. تم تقييم تأثير نوع وكمية النشاء على الخواص الفيزيائية والكيميائية (محتوى الماء). **النتائج:** أظهرت النتائج أن الإيزوترم والخصائص الوظيفية تختلف من نشاء إلى آخر. أما نتائج دمج النشويات في الجبن التمثيلي، فإن نوع وكمية النشاء لهما تأثير كبير على المحتوى المائي للمنتج النهائي. فيما يتعلق بالعوامل التي تؤثر على النشاء، فقد وجد أن الموجات فوق الصوتية لها تأثير إيجابي على الذوبان نشاء البطاطا الغير معدلة. **الخلاصة:** تسمح لنا نتائج هذه الدراسة باستنتاج أن Prejel HC و Eliane 100 لهما تأثير كبير على محتوى الماء بمعدل دمج قدره 40 غ /كغ و 18 غ /كغ من الجبن التمثيلي على التوالي.

الكلمات المفتاحية: الإيزوترم، نشاء معدلة، الجبن التمثيلي، خواص وظيفية، أسطح استجابة.