



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: إعداد و نوعية الأغذية

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 yaourt par la Méthodologie des Surfaces de Réponse**

Présenté Par : **BEN AKOUCHE Syla** Soutenu publiquement le : **18 / 07 / 2019**

**DJIHAD**

**Nadjet**

Devant le jury composé de :

**Mémoire dirigé par :**

**M. FERRADJI A**

Professeur

ENSA

**Président :**

**M. GUEZLANE L**

Professeur

ENSA

**Examineurs :**

**Mme AIT CHAUCHE F S**

MAB

Université de Blida1

**Invité :**

**M. SABER M**

Ingénieur Technologue

2014-2019

# Tables des matières

REMERCIEMENTS

DEDICACES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

LISTE DES ABREVIATIONS

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALITE SUR L'AMIDON.....</b>	<b>3</b>
1.1. DEFINITION.....	3
1.2. BIOSYNTHESE DE L'AMIDON.....	3
1.3. AMIDON NATIF.....	5
<b>2. AMIDON DE POMME DE TERRE.....</b>	<b>5</b>
2.1. DEFINITION.....	5
2.2. EXTRACTION DE L'AMIDON A PARTIR DE LA POMME DE TERRE.....	5
2.3. STRUCTURE PHYSIQUE DE L'AMIDON.....	7
2.4. STRUCTURE CHIMIQUE DE L'AMIDON.....	9
2.4.1. Amylose.....	10
2.4.2. Amylopectine.....	10
2.4.3. Autres composantes non glucidiques.....	12
<b>3. PROPRIETES FONCTIONNELLES ET CLASSIFICATION DES AMIDONS.....</b>	<b>14</b>
3.1. AU COURS DE CHAUFFAGE.....	14
3.1.1. Gélatinisation.....	14
3.1.3. Solubilisation.....	14
3.2. AU COURS DE REFROIDISSEMENT.....	14
3.2.1. Rétrogradation.....	15
3.3. CLASSIFICATION DES AMIDONS EN FONCTION DE TYPE DE GONFLEMENT.....	16
3.4. ISOTHERME DE SORPTION.....	17
3.5. CAPACITE D'ABSORPTION.....	19
3.6. COMPLEXATION DE L'AMYLOSE AVEC L'IODE.....	19
3.7. INCONVENIENTS DE L'AMIDON NATIF.....	19
<b>4. AMIDON MODIFIE.....</b>	<b>20</b>
4.1. DEFINITION.....	20
4.2. PRINCIPALES MODIFICATIONS DE L'AMIDON DE POMME DE TERRE.....	20
4.2.1. Modifications physiques.....	21
4.2.1.1. Traitements chaleur – humidité.....	21
4.2.1.2. Modification par dextrinisation des amidons.....	22
4.2.1.3. Modification par traitement de pré-cuissons.....	23
4.2.2. Modifications chimiques.....	23

4.2.2.1 Réticulation .....	24
4.2.2.2. Substitution des fonctions hydroxyles .....	26
4.2.2.3. Modifications hydrophobes .....	28
4.2.2.4. Modification par fluidification.....	28
4.2.3. Modifications enzymatiques .....	30
4.2.4. Traitements combinés.....	31
4.3. UTILISATION DES AMIDONS MODIFIES DE LA POMME DE TERRE DANS L'INDUSTRIE ALIMENTAIRE .....	31
<b>5. EXEMPLE D'UTILISATION DES AMIDONS MODIFIES DE LA POMME DE TERRE : LE YAOURT</b>	
<b>5.1. ORIGINE DU YAOURT .....</b>	<b>32</b>
5.3. MATIERE PREMIERE ET INGREDIENTS .....	32
5.4. FABRICATION DU YAOURT .....	33
5.5. APPORTS NUTRITIONNELS DU YAOURT .....	35
5.5.1 Apport modéré en énergie .....	35
5.6. EFFET DES INGREDIENTS DE LA FORMULATION DES PRODUITS ALIMENTAIRES SUR LES PROPRIETES FONCTIONNELLES DE L'AMIDON .....	36
5.6.1. Sucre.....	36
5.6.2. Protéine : .....	37
<b>6. ULTRASONS .....</b>	<b>38</b>
6.1. GENERALITE .....	38
6.1.1. DEFINITION .....	38
6.1.2. Phénomène de cavitation .....	38
6.1.3. Principaux facteurs qui influencent la cavitation .....	39
6.2. TRAITEMENT DE L'AMIDON PAR ULTRASONS .....	39
6.3. PRINCIPAUX EFFETS DU TRAITEMENT AUX ULTRASONS SUR LES PROPRIETES DE L'AMIDON .....	39
<b>MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>41</b>
<b>1. MATERIEL.....</b>	<b>41</b>
<b>2. METHODES.....</b>	<b>41</b>
2.1. DETERMINATION DES ISOTHERMES DE SORPTION .....	41
2.2. DETERMINATION DES PROPRIETES DES AMIDONS : GONFLEMENT ET SOLUBILITE .....	44
2.3. OPTIMISATION DE L'EFFET DES ULTRASONS SUR LA SOLUBILITE D'UN AMIDON NATIF : ELIANE GEL 100 PAR LA METHODOLOGIE DES SURFACES DE REPONSE.....	46
2.5. DETERMINATION DE LA TENEUR EN AMYLOSE DES DIFFERENTS AMIDONS .....	48
2.5. DETERMINATION DE LA CAPACITE D'ABSORPTION D'EAU DES AMIDONS .....	50
2.6. OPTIMISATION DE L'EFFET DES AMIDONS MODIFIES SUR LA FORMULATION D'UN YAOURT .....	51
<b>RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>41</b>
<b>1. ISOTHERME DE SORPTION D'UN AMIDON NATIF ET DEUX AMIDONS MODIFIES</b>	<b>53</b>
1.1. DESCRIPTION DES ISOTHERMES .....	53
1.1.1. Isotherme d'adsorption de l'amidon natif Eliane Gel 100 .....	53
1.1.2. Isotherme d'adsorption de l'amidon modifié ElianeVE580 .....	54
1.1.3. Isotherme d'adsorption de l'amidon modifié Etinia 457 .....	55
1.1.4. Comparaison des trois isothermes d'adsorption.....	55

1.2. PARAMETRES DE L'EQUATION DE GAB ( X <sub>M</sub> , C ET K) .....	56
<b>2. GONFLEMENT ET SOLUBILITE DES DIFFERENTS AMIDONS .....</b>	<b>58</b>
<b>3. OPTIMISATION DE L'EFFET DES ULTRASONNS SUR LA SOLUBILITE D'UN AMIDON NATIF ELIANE GEL 100 PAR LA METHODOLOGIE DES SURFACE DE REPONSE .....</b>	<b>59</b>
3.1. PLAN D'EXPERIENCE ET ANALYSE STATISTIQUE .....	59
3.1.1. Diagramme de Pareto .....	61
3.1.2. ANALYSE DE LA VARIANCE (ANOVA) DES EFFETS DES DIFFERENTES VARIABLES SUR LA REPONSE .....	61
3.2. REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'EFFET DES PARAMETRES SUR LA SOLUBILITE.....	63
3.2.1. Effet de température- temps sur la solubilité .....	64
3.2.2. Effet puissance-temps et puissance-température sur la solubilité .....	64
3.2.3. Effet rapport solide/liquide-température et rapport solide/liquide-temps sur la solubilité..	65
3.2.4. Effet puissance-rapport solide/liquide sur la solubilité : .....	66
<b>4. TENEUR EN AMYLOSE DES DIFFERENTS AMIDONS .....</b>	<b>67</b>
<b>5. CAPACITE D'ABSORPTION D'EAU DES AMIDONS.....</b>	<b>68</b>
<b>6. OPTIMISATION DE L'EFFET DES AMIDONS MODIFIES SUR LA FORMULATION D'UN YAOURT .....</b>	<b>69</b>
6.1. TENEUR EN EAU DU YAOURT .....	69
6.1.1. Plan d'expérience et analyse statistique .....	69
6.1.1.1. Diagramme de Pareto .....	71
6.1.1.2. Analyse de la variance (ANOVA) des effets des différentes variables sur la réponse: Tableau 18: Effet des variables (poudre de lait, Etinia457, Eliane VE580 et sucre) sur la teneur en eau du yaourt. ....	72
6.1.2. Représentation graphique de l'effet des paramètres sur la teneur en eau du yaourt .....	73
6.1.2.1. Effet de l'interaction Sucre-Eliane VE580 sur la teneur en eau du yaourt .....	73
6.2. QUALITE ORGANOLEPTIQUE DU YAOURT : .....	73
6.2.1. Plan d'expérience et analyse statistique .....	73
6.2.1.1. Diagramme de Pareto .....	75
6.2.1.2. Analyse de la variance (ANOVA) des effets des différentes variables sur la réponse :75	
6.2.2. Représentation graphique de l'effet des paramètres sur la qualité organoleptique du yaourt .....	77
6.2.2.1. Effet de Sucre-Eliane VE580 sur la qualité organoleptique du yaourt .....	77
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>78</b>

## **Résumé :**

La Méthodologie des Surfaces de Réponse a été utilisé pour optimiser l'effet des différents amidons modifiés de pomme de terre sur la teneur en eau et sur la qualité organoleptique du yaourt. Les variables indépendantes sont la poudre de lait (3-6%), Etinia 457 (0.5-1%), Eliane VE580 (3-5%) et Sucre (10-14%). L'analyse statistique a montré que la teneur en eau optimale est de 78.39% pour 10% de sucre, 10% d'Eliane VE580 et 3% de poudre de lait. Pour une teneur de 4% en Eliane VE580 on obtient une qualité organoleptique optimale de 3.03%. L'étude de propriétés fonctionnelles de ces amidons a montré un gonflement élevé de 11.95% pour Eliane VE580 et de 11.79% pour Etinia 457 avec une absence de solubilité, par rapport à l'amidon natif qui présente un gonflement et une solubilité faible qui sont respectivement de 1.93% et de 2.2%. Ainsi qu'une teneur en amylose inférieure à 5%, et une capacité d'absorption d'eau élevée pour l'amidon réticulé et l'amidon natif. L'étude des isothermes de sorption a permis de déterminer la teneur en eau de la couche monomoléculaire qui est de 9.52%, 13.74% et 14.80% respectivement pour Eliane gel 100, Eliane VE580 et Etinia 457. La teneur en eau des multicouches est également déterminé, elle est de 8% pour Etinia 457 et de 10.26% pour Eliane gel 100 et Eliane VE580. La Méthodologie des Surfaces de Réponse a été également utilisé pour déterminer l'effet des ultrasons sur la solubilité de l'amidon natif. Les variables indépendantes sont rapport solide-liquide (10-60%), temps (10-50min), température (30-60°C) et la puissance (20-100%). Pour une solubilité maximale supérieure à 26 %, il faut une température de 30°C et un temps de traitement de 10 minutes.

**Mots clés :** yaourt, amidon natif, amidon modifié, isotherme, optimisation, ultrason, teneur en amylose, capacité d'absorption d'eau, gonflement et solubilité, Méthodologie des Surfaces de Réponse.

## Summary :

The Response Surface Methodology was used to optimize the effect of potato modified starches on the water content and organoleptic quality of yoghurt. The independent variables are milk powder (3-6%), Etinia 457 (0.5-1%), Eliane VE580 (3-5%) and Sugar (10-14%). Statistical analysis has shown that an optimal water content is 78.39% for 10% sugar, 10% Eliane VE580 and 3% milk powder. For 4% Eliane VE580 an optimal organoleptic quality of 3.03% is obtained. The study of the functional properties of these starches showed a high swelling of 11.95% for Eliane VE580 and of 11.79% for Etinia 457 with an absence of solubility, compared to the native starch which shows a swelling and a low solubility which are respectively 1.93% and 2.2%. Thus, the crosslinked starch and the native starch have less than 5% of amylose contents, and a high water absorption capacity. The sorption isotherms was used to determine the water content of the monomolecular layer which is 9.52%, 13.74% and 14.80% respectively for Eliane gel 100, Eliane VE580 and Etinia 457. The water content of the multilayers is also determined; it is 8% for Etinia457 and 10.26% for Eliane gel 100 and Eliane VE580. The Response Surface Methodology was also used to determine the effect of ultrasoundsd on the solubility of native starch. The independent variables are solid-liquid ratio (10-60%), time (10-50min), temperature (30-60 ° C) and power (20-100%). For a maximum solubility greater than 26%, a temperature of 30 ° C and a treatment time of 10 minutes are required.

**Key words:** yoghurt, native starch, modified starch, isotherms, optimization, ultrasound, amylose content, water absorption capacity, swelling and solubility, Response Surface Methodology.

## ملخص:

تم استخدام منهجية مساحات الإجابة لتحديد تأثير النشاء المعدل المستخلص من البطاطا على كمية الماء المثبتة من طرف الياغورت و على جودته. المتغيرات المستقلة المعتمدة في هذه المنهجية هي مسحوق الحليب (6-3%)، السكر (14-10%)، Etinia 457 (0.5-1%) و Eliane VE580 (3-5%). أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن كمية الماء المثبتة في الظروف المثلى (سكر 10%)، Eliane VE580 (3% مسحوق الحليب) هي: 78.39% ، وتم الحصول على جودة مثالية للياغورت بقيمة 3.03% عند استعمال 4% من Eliane VE580.

أظهرت دراسة الخصائص الوظيفية للنشاء تضخما مرتفعا بالنسبة ل Eliane VE580 و Etinia 457 بقيمتي 11.95% و 11.79% على التوالي مع انعدام خاصية الذوبان مقارنة بالنشاء غير المعالج الذي أظهر تضخما وقابلية ذوبان منخفضة بقيمتي 1.93% و 2.2% على التوالي. كما يتميز كل من النشاء المتشابك و النشاء غير المعدل بكمية أميلوز أقل من 5% و قدرة عالية على الإمتصاص. مكنت دراسة إيزوثيرم الامتصاص من تحديد المحتوى المائي للطبقة الأحادية والتي تبلغ قيمته 9.52% ، 13.74% و 14.80% لكل من Eliane gel، Eliane VE580 و Etinia 457 على التوالي. بالإضافة الى المحتوى المائي للطبقات المتعددة و المتمثل في 10.26% بالنسبة ل Eliane VE580 و Eliane gel 100 و 8% بالنسبة ل Etinia 457. تم أيضا استخدام منهجية مساحات الإجابة لتحديد تأثير الموجات فوق الصوتية على قابلية ذوبان النشاء الأصلي غير المعدل. المتغيرات المستقلة لهذه الدراسة هي النسبة سائل/ صلب (10-60%) ، الوقت (10-50 دقيقة) ، درجة الحرارة (30-60 درجة مئوية) والطاقة (20-100%). للحصول على درجة قصوى من الذوبان تزيد عن 26% ، يجب معالجة النشاء لمدة 10 دقائق تحت درجة حرارة 30 درجة مئوية

**الكلمات المفتاحية:** ياغورت ، النشاء غير المعدل ، النشاء المعدل، إيزوثيرم، الإستفادة المثلى ، الموجات فوق الصوتية ، محتوى الأميلوز ، قدرة امتصاص الماء ، التضخم والذوبان ، منهجية مساحات الإجابة.