

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة – 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 :

**Effets de l'incorporation de la spiruline dans la
fabrication d'un fromage à pâte fondue**

Présenté par :

Soutenu le : 15-06-2017

FERROUKHI Imène

Jury :

- **Président :** M. BENCHABANE A. **Professeur (ENSA)**
- **Promoteur:** M. AMIALI M. **Professeur (ENSA)**
- **Examinatrice :** M^{me}. FERHAT. **Professeur (ENSA)**
- **Examineur :** M. LATATI M. **Maitre de conférences (ENSA)**
- **Invité :** M. AMEUR A. **Responsable de production (Tammy)**

Promotion : 2012-2017

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Table des matières	2
Liste des abréviations	6
Table des illustrations.....	7
Liste des Tableaux.....	8
Introduction Générale.....	9
Chapitre I. Revue Bibliographique.....	11
I.1 Spécialité fromagère et fromage fondu	11
I.1.1 Historique du fromage.....	11
I.1.2 Définitions	11
I.1.3 Les types de fromages fondus	11
I.1.3.1 Fromage fondu type « bloc ».....	12
I.1.3.2 Fromage fondu type « coupe »	12
I.1.3.3 Fromage fondu tartinable	12
I.1.3.4 Fromage fondu toastable (pour refonte).....	12
I.1.3.5 Fromage fondu thermostable.....	12
I.1.4 Composition du fromage fondu.....	13
I.1.4.1 Protéines	13
I.1.4.2 Lipides.....	13
I.1.4.3 Glucides.....	14
I.1.4.4 Les éléments minéraux	14
I.2 Fabrication du fromage fondu	15
I.2.1 Matières premières de fabrication	15
I.2.1.1 Matières premières laitières.....	15
I.2.1.2 Matières premières non laitières.....	16
I.2.2 Technologie de la fonte	17
I.2.2.1 Ecroûtage, découpage et broyage des fromages.....	17
I.2.2.2 Préparation de la formule et procédé technologique	18
I.2.2.3 Fonte proprement dite	18

I.2.2.4	Homogénéisation.....	18
I.2.2.5	Conditionnement	19
I.2.2.6	Refroidissement.....	19
I.2.2.7	Stockage du produit fini	19
I.3	Contrôle de qualité	21
I.3.1	Qualité de la matière première	21
I.3.2	Qualité au cours de fabrication.....	21
I.3.3	Qualité du produit fini	21
I.4	Biochimie de la fonte	22
I.4.1	Les différentes étapes biochimiques de la fonte.....	22
I.4.1.1	Echange ionique	22
I.4.1.2	Peptisation	23
I.4.1.3	Krémage	24
I.5	La spiruline.....	24
I.5.1	Définition.....	24
I.5.2	Historique de la spiruline.....	25
I.5.3	Biologie de la spiruline.....	25
I.5.3.1	Taxonomie.....	25
I.5.3.2	Répartition géographique	26
I.5.3.3	Caractéristiques structuraux de la spiruline.....	26
I.5.4	Production de la spiruline.....	27
I.5.4.1	Mise en culture	27
I.5.4.2	Le milieu de culture.....	28
I.5.4.3	Lumière et agitation.....	28
I.5.4.4	Récolte et conservation.....	29
I.5.5	La composition de la spiruline	29
I.5.5.1	Les protéines.....	29
I.5.5.2	Lipides.....	31
I.5.5.3	Glucides.....	32
I.5.5.4	Acides nucléiques.....	32
I.5.5.5	Les vitamines.....	33
I.5.5.6	Les éléments minéraux.....	33
I.5.5.7	Pigments.....	34
I.5.6	Intérêt de la spiruline sur la santé	35
I.5.7	Posologie	36
I.5.8	Toxicité.....	36

I.5.9	Législation	37
Chapitre II.	Matériels et Méthodes	39
II.1	Introduction	39
II.2	Matières premières	39
II.3	Formulation du fromage	39
II.4	Incorporation de la spiruline dans la formulation du fromage	41
II.5	Analyses physico-chimiques du fromage	41
II.5.1	Détermination du pH	41
II.5.2	Détermination de l'extrait sec	42
II.5.3	Détermination de la pénétrométrie	42
II.5.4	Détermination de la teneur en matière grasse (Méthode de HEISS)	42
II.6	Analyse bactériologique	43
II.6.1	Dénombrement de la flore mésophile aérobie revivifiable (FMAR).....	43
II.6.2	Dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs	44
II.6.3	Dénombrement des spores anaérobies gazogènes (SAG)	44
II.6.4	Dénombrement des Streptocoques du groupe D	45
II.6.5	Dénombrement des coliformes totaux.....	45
II.7	Analyse sensorielle.....	45
II.8	Dosage des éléments minéraux	46
II.8.1	Détermination de la teneur en Zinc, Magnésium et Cuivre par absorption atomique à flamme ...	46
II.8.2	Détermination de la teneur en Calcium, Sodium, Potassium par chromatographie ionique	46
II.9	Détermination de la teneur en Chlorophylles et Caroténoïdes	47
II.10	Détermination du profil en Acides Gras.....	48
II.11	Détermination de la teneur en Protéines (Kjeldhal)	48
II.12	Analyse statistique.....	49
Chapitre III.	Résultats et discussions	50
III.1	Effet de l'incorporation de la spiruline sur les paramètres physico-chimiques du fromage fondu ..	50
III.1.1	. Effet de la spiruline sur le pH.....	50
III.1.2	Effet de la spiruline sur la matière grasse.....	51
III.1.3	Effet de la spiruline sur l'extrait sec.....	52
III.1.4	Effet de la spiruline sur la pénétrométrie.....	54
III.1.5	Effet de la spiruline sur le temps de cuisson	57
III.2	Effet de la spiruline sur la qualité microbiologique du fromage fondu.....	58
III.3	Effet de l'incorporation de la spiruline sur l'analyse sensorielle	58
III.3.1	Effet sur l'aspect.....	59

III.3.2	Effet sur la couleur	60
III.3.3	Effet sur le goût	61
III.3.4	Effet sur l'odeur.....	62
III.3.5	Effet sur la texture	63
III.3.6	Effet sur le pouvoir d'achat	65
III.3.7	Effet sur la satisfaction globale	65
III.3.8	Analyse statistique.....	67
III.4	Analyse comparative de la formule retenue (E) et de la formule (T).....	70
III.4.1	Caractéristiques physico-chimiques	70
III.4.2	Teneur en protéines	71
III.5	Le profil en acides gras	73
III.6	La teneur en phytopigments	76
III.7	Teneurs en minéraux	77
III.7.1	Dosage par absorption atomique	77
III.7.2	Dosage par chromatographie ionique.....	79
Conclusions générales et perspectives.....		81
Références bibliographique.....		83
6.Détermination de la teneur en matière grasse, Méthode acido-butyrométrique de HEISS.		83
Annexes		
Résumés		

Résumé

Le présent travail porte sur les effets de l'incorporation de la spiruline dans la fabrication du fromage fondu. Les échantillons de fromage avaient des concentrations en spiruline variant de 0,2 à 2g/kg. Les analyses physico-chimiques ont montré que le pH et l'extrait sec augmentaient, tandis que le taux de matière grasse reste inchangé. Les paramètres rhéologiques (Pénétrométrie) et technologique (Temps de cuisson), ont révélé qu'une nette amélioration. Il a été retenu que la dose de 0,8g/kg a été la plus appréciée par un panel de dégustation. Un apport protéique a été apporté par l'addition de la spiruline rendant ainsi le fromage de haute qualité nutritionnelle avec un taux de protéine de 16g/100g de fromage. Nous avons également observé une modification du profil en acides gras du fromage ainsi que sa fraction minérale, qui a été renforcé en magnésium, zinc et calcium. Grâce à sa pigmentation interne, la spiruline a apporté une teneur élevée en chlorophylle et un dédoublement en caroténoïdes.

Mots clés: Fromages fondus, spiruline, formulation, microalgues, concentrations, qualité nutritionnelle.

Abstract

The present work deals with the effects of the incorporation of spirulina in the production of processed cheese. The cheese samples had spirulina concentrations ranging from 0.2 to 2 g / kg. The physico-chemical analyzes showed that the pH and the dry extract increased, while the fat content remained unchanged. The rheological parameters (penetrometry) and technological parameters (Cooking time), revealed a clear improvement. It was retained that the dose of 0.8g/kg was the most appreciated by a panel of tasting. A protein intake was provided by the addition of spirulina thus making cheese of high nutritional quality with a protein level of 16g/100 g of cheese. We also observed a change in the fatty acid profile of the cheese as well as its mineral fraction, which was reinforced with magnesium, zinc and calcium. Due to its pigmentation, spirulina brought a high content of chlorophyll and a splitting of carotenoids.

Key words: Processed cheeses, spirulina, formulation, microalgae, concentrations, nutritional quality.

ملخص

الدراسة المقدمة في هذا العمل تتطرق إلى آثار إدماج سبيرولينا في صناعة الجبن المذاب. تم دراسة عينات مختلفة من الجبن بتركيزات من سبيرولينا تتراوح بين 0.2 و 2 غرام / كغ. أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية أن درجة الحموضة و المكونات الصلبة عرفت ارتفاعا ملحوظا، في حين أن نسبة الدهون لن تتغير. المعلمات الريولوجية (مقياس اختراق) والتكنولوجية (مدة الطبخ)، كشفت عن وجود تحسن ملحوظ. بعد عرض مختلف عينات الجبن على لجنة تذوق تم اختيار الجبن المحتوي على تركيز 0.8 غرام / كغ الذي نال أكثر تقدير. من النتائج، لوحظ أن إضافة سبيرولينا أدت إلى ارتفاع نسبة البروتين و بهذا تم الحصول على جبن ذو جودة غذائية عالية مع وصول محتوى البروتين إلى 16 غرام . زيادة على ذلك، لوحظ تغير في الأحماض الدهنية في الجبن والمكونات المعدنية، التي تم تعزيزها في المغنيسيوم والزنك والكالسيوم. من جهة أخرى، الاصطباغ الداخلي لسبيرولينا أدى إلى ارتفاع محتوى الكلوروفيل وكاروتينويد.

الكلمات الرئيسية

الجبن المذاب ، سبيرولينا، مكونات، الطحالب، تركيزات، الجودة الغذائية