



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Higher National School of Agriculture

Department: Food technology

Specialty: Food processing and quality

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

القسم: تكنولوجيا الغذائية

تخصص: اعداد و نوعية الاطعمة

End of studies dissertation

To obtain the Master Diploma

THEME

Formulation of functional edible cutlery

Presented by: CHERFI Sara

TEHAMI Ines

Graduated on 29 / 06/ 2024

In front of the jury composed of:

President: M. BENCHABANE. A

Supervisor: M. BOUMEHIRA. A. Z

Co- Supervisor: M. SANTOSH. R

Examiner: M. DERGAL. F

Examiner: M. CHIALI. A

Professor, ENSA

MCA, ENSA

CR, CSIR, South Africa.

DR, CRAPC

MCA, ESSAT

Promotion: 2019/2024

CONTENT

Content.....	i
Tables List	iv
Figures List	v
Abbreviations List	vii
Appendices List	viii
Introduction	1

CHAPTER I: Literature review

I.1 Cutlery: From Tool to Meal.....	3
I.1.1 Definition of the cutlery utensils.	3
I.1.2 Cutlerys' history.	3
I.1.3 Edible cutlery tools.	4
I.1.4 Global Edible Cutlery Market.	5
I.2 Functional Food: Harnessing Nutrition for Vitality.	8
I.2.1 Definition	8
I.2.2 Classification of functional food.	10
I.2.3 Functional food benefits.	10
I.3 Probiotics: Nurturing Gut Health and Wellness.	11
I.3.1 Definitions.	11
I.3.2 The probiotic microorganisms.	12
I.3.2.1 Lactobacillus genus.	13
I.3.2.1.1 Lactobacillus acidophilus.	14
I.3.2.1.2 Lactobacillus plantarum.	14
I.3.2.2 Bifidobacterium genus.	14
I.3.2.2.1 Bifidobacterium lactis.....	15
I.3.2.2.2 Bifidobacterium breve.	15

CHAPTER II : Material and method.

II.1 Objectives of this work.	16
II.2 Operating Facilities and Workspaces.....	16
II.3. Methods.	16
II.3.1 Survey on the consumption of probiotics and functional foods in Algeria.....	16
II.3.1.1 Content of the questionnaire.	16
II.3.1.2 Diffusion.	17
II.3.1.3 Ethical aspect.	17
II.3.1.4 Data Processing.	18
II.3.2 Edible probiotic functional spoon formulation.....	18
II.3.2.1 Approaches and Screening Criteria.	19
II.3.2.2 Probiotic strains.	19
II.3.2.2.1 Purification of strains.	19
II.3.2.2.2 Gram Staining and Microscopic Examination.....	20

II.3.2.2.3 Catalase test.	20
II.3.2.3 Formulation and optimization of edible cutlery ingredients.....	20
II.3.2.4 Mold preparation.	20
II.3.2.5 Coating process with probiotic strains.	20
II.3.2.6 Functional quality control of developed spoons.	21
II.3.2.6.1 Probiotic strains viability.	21
II.3.2.6.2 Evaluation of probiotic strains distribution and coating effectiveness using Raman Spectroscopy.	22
II.3.2.6.2.1 Principle of Raman spectroscopy.	22
II.3.2.6.2.2 Experimental analyses protocol.....	23
II.3.2.6.2.3 Observation of surface ornamentation with scanning electron microscopy.....	23
II.3.3 Quality control of Edible probiotic functional spoon.....	24
II.3.3.1 Physico-chemical quality control.....	24
II.3.3.1.1 Hydrogen potential (pH)	24
II.3.3.1.2. Ash analyses.....	24
II.3.3.1.3. Moisture.....	25
II.3.3.1.4. Water absorption percentage.....	26
II.3.3.1.5. Biodegradability test (soil burial test)	26
II.3.3.1.6. Thermogravimetric analysis.....	27
II.3.3.2. Microbiological analyses.....	27
II.3.3.2.1. Research and enumeration of mesophilic aerobic germs.....	28
II.3.3.2.2. Research and enumeration of Total Coliforms and <i>Escherichia coli</i>	28
II.3.3.2.3. Search and enumeration of coagulase-positive Staphylococci.....	29
II.3.3.2.4. Research and enumerate <i>Salmonella</i>	30
II.3.3.2.5. Research and enumerating molds.....	31
II.3.3.3. Nutritional analyses_.....	32
II.3.3.3.1 Protein analyses	32
II.3.3.3.2 Fat analyses.....	33
II.3.3.3.3 Carbohydrates analyses	33
II.3.3.3.4 Cellulose analyses.....	34
II.3.3.4. Sensory and organoleptic analyses of developed spoons	36

CHAPTER III: Results and discussion

III.1. Survey on the consumption of functional foods and the use of cutlery in Algeria.....	37
III.2. Edible probiotic functional spoon formulation.....	47
III.2.1 Probiotic strains purification	47
III.2.2. Formulation and optimization of edible cutlery ingredients.....	48
III.2.3. Functional quality control of developed spoons.....	49
III.2.3.1. Probiotic strains viability.....	49
III.2.3.2. Evaluation of probiotic strains distribution and coating effectiveness using Raman Spectroscopy.....	49

III.2.3.3. Observation of surface ornamentation with scanning electron microscopy.....	50
III.3. Quality control of Edible probiotic functional spoon.....	50
III.3.1. Physico-chemical quality control.....	50
III.3.1.1. Hydrogen potential (pH)	50
III.3.1.2. Ash and Moisture analyses.....	52
III.3.1.3. Water absorption percentage.....	52
III.3.1.4. Biodegradability test (soil burial test)	53
III.3.1.5. Thermogravimetric analyses.....	53
III.3.2. Microbiological analyses.....	54
III.3.3. Nutritional analyses.....	54
III.3.4. Sensory and organoleptic analyses of developed spoons.....	54
III.4. Discussion.....	56
Conclusion.....	62
Bibliographic references.....	64
Appendices List.....	I

ABSTRACT:

Plastic cutleries are mostly used for the consumption of foods especially in restaurants, fast food, joints and street foods. This consumption has increase significantly after COVID-19 pandemic. Edible cutlery represents a good sustainable alternative, they not only contribute to the preservation of the environment by reducing plastic waste, but they also offer nutritional benefits. The aim of this work is the development of new probiotic and functional edible cutlery, in order to provide the Algerian market with a product that can support efforts to improve public health and reduce the consumption of plastic cutlery. In order to carry out this study, a questionnaire survey was diffused to study the Algerian consumers' orientations on the consumption of functional foods and their cutlery use. The data 1180 consumers were collected. This allowed us to formulate functional edible spoon enriched with probiotics strains: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium breve*. The developed spoon was called "BasicBiotic" spoon. Two other variants were developed: "ChocoBiotic" spoon with chocolate flavor and containing cocoa powder, and "SpiroBiotic" spoon with lemon flavor and containing spirulina. The scan with Raman Spectroscopy shows that the coating with the probiotic strains in the bowl of the spoon was effective with a percentage of 51%. The ornamentation of the surface with scanning electron microscopy (SEM) shows adequate adhesion of the strains on the spoon. The thermogravimetric analysis (ATG) shows that the degradation begins at 280°C for "BasicBiotic" spoon and "ChocoBiotic" spoon while for "SpiroBiotic" spoon the degradation starts at 295°C. A series of physicochemical analyses, microbiological, nutritional analyses and sensory test were applied on developed spoons. The tests' results revealed their satisfying quality and comply with the Algerian legislation. The developed probiotic functional edible spoons are eco-friendly alternative to conventional plastic and can be the subject of a Start-up project and wealth creation.

Key Words : Cutlery, Edible cutlery, Spoons, Probiotics, Functional Food.

ملخص:

تستخدم أدوات المائدة البلاستيكية بشكل رئيسي في تناول الطعام، خاصة في المطاعم ومطاعم الوجبات السريعة. وقد ازداد استخدامها بشكل ملحوظ منذ جائحة كوفيد-19. تُعد أدوات المائدة الصالحة للأكل بديلاً مستداماً جيداً. فهي لا تساهم فقط في الحفاظ على البيئة من خلال تقليل النفايات البلاستيكية، بل إنها تقدم أيضاً فوائد غذائية. يهدف هذا العمل إلى تطوير أدوات مائدة جديدة وظيفية ومُدعمة بالبروبيوتيك وصالحة للأكل. قصد توفير منتج للسوق الجزائرية يساهم في الجهود المبذولة لتحسين الصحة العامة وتقليل استهلاك الأدوات البلاستيكية. لدراسة توجهات المستهلكين الجزائريين نحو استهلاك الأطعمة الوظيفية واستخدامهم لأدوات المائدة، تم إجراء استبيان شمل بيانات 1180 مستهلك. النتائج المحصل عليها سمحت لنا بصنع ملعقة وظيفية صالحة للأكل مُدعمة بسلاسل البروبيوتيك التالية :

Lactobacillus plantarum, Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium lactis, Bifidobacterium breve.

أُطلق على الملعقة المطورة اسم "BasicBiotic". كما تم تطوير نوعين آخرين: ملعقة "ChocoBiotic" بنكهة الشوكولاتة وتحتوي على مسحوق الكاكاو، وملعقة "SpiroBiotic" بنكهة الليمون وتحتوي على السبيرولينا. أظهر الفحص باستخدام مطياف رامان أن طلاء تجويف الملعقة بسلاسل البروبيوتيك كان فعالاً بنسبة 51%. وأظهر المسح بالمجهر الإلكتروني الماسح الالتصاق الجيد للسلاسل على سطح الملعقة. بينما أظهر التحليل الحراري الوزني أن عملية التحلل الحراري تبدأ عند 280 درجة مئوية للملعتين "BasicBiotic" و"ChocoBiotic"، بينما بالنسبة للملعقة "SpiroBiotic" يبدأ التحلل عند 295 درجة مئوية. تم إجراء سلسلة من التحاليل الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية والتغذوية واختبارات الحواس على الملاعق المطورة. كشفت نتائج الاختبارات عن جودة مرضية للملاعق وتوافقها مع التشريعات الجزائرية. تُعد الملاعق الصالحة للأكل والمُدعمة بالبروبيوتيك بديلاً صديقاً للبيئة للبلاستيك التقليدي ويمكن أن تكون مشروعاً ناشئاً ناجحاً يساهم في خلق الثروة.

الكلمات المفتاحية : أدوات المائدة، أدوات المائدة الصالحة للأكل، الملاعق، البروبيوتيك، الأطعمة الوظيفية .

Résumé :

Les couverts en plastique sont principalement utilisés pour la consommation d'aliments, en particulier dans les restaurants et les fast-foods. Cette consommation a augmenté de manière significative depuis la pandémie de COVID-19. Les couverts comestibles représentent une bonne alternative durable. Ils contribuent non seulement à la préservation de l'environnement en réduisant les déchets plastiques, mais ils offrent également des avantages nutritionnels. Ce travail vise le développement de nouveaux couverts comestibles fonctionnels et probiotiques, afin de fournir au marché algérien un produit qui puisse soutenir les efforts d'amélioration de la santé publique et de réduction de la pollution en plastique. Pour mener à bien cette étude, une enquête par questionnaire a été diffusée afin d'étudier les orientations des consommateurs Algériens vis-à-vis la consommation d'aliments fonctionnels et de l'utilisation des couverts. Les données de 1180 consommateurs ont été collectées. Ce travail a permis la formulation d'une cuillère comestible fonctionnelle enrichie de souches probiotiques : *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium breve*. La cuillère développée a été nommée cuillère "*BasicBiotic*". Deux autres variantes ont été développées : la cuillère "*ChocoBiotic*" au chocolat et contenant du cacao en poudre, et la cuillère "*SpiroBiotic*" au citron et contenant de la spiruline. L'analyse par spectroscopie Raman montre que l'enrobage avec les souches probiotiques dans le bol de la cuillère a été efficace avec un pourcentage de 51 %. L'ornementation de la surface par microscopie électronique à balayage (MEB) montre une adhésion adéquate des souches sur la cuillère. L'analyse thermogravimétrique (ATG) montre que la dégradation commence à 280°C pour les cuillères "*BasicBiotic*" et "*ChocoBiotic*" alors que pour la cuillère "*SpiroBiotic*" la dégradation commence à 295°C. Une série d'analyses physico-chimiques, microbiologiques, nutritionnelles et de tests sensoriels ont été appliquées aux cuillères développées. Les résultats des tests ont révélé leur qualité satisfaisante et leur conformité à la législation Algérienne. Les cuillères comestibles fonctionnelles et probiotiques développées sont une alternative écologique au plastique conventionnel et peuvent faire l'objet d'un projet de start-up et de création de richesse.

Mots clés : Couverts, Couverts comestibles, Cuillères, Probiotiques, Aliments Fonctionnels.