



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biotechnologie

Réf :.....

Mémoire

Présenté par

BOUFERRACHE Lisa & TAYEB CHERIF Nesrine

Pour l'obtention du diplôme de

Master Académique

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie Microbienne

Thème

Valorisation des sous-produits alimentaires pour élaborer un aliment fonctionnel

Soutenu le : 07 juillet 2025

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Qualité

M^{me} BOUDJOU Souhila

MCB

Président

M^{me} KHEYAR Naoual

MCA

Encadrant

M^{me} LAIB Yasmina

MAA

Examineur

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

Nous souhaitons avant tout exprimer notre profonde gratitude envers Dieu Tout-Puissant, de nous avoir accordé la force, la patience et la motivation nécessaires pour mener à bien ce travail

Nous tenons à remercier notre enseignante et encadreur Mme Kheyar Naoual, pour sa présence, sa patience, ses conseils et son aide durant toutes les étapes de réalisation de ce mémoire.

On adresse également nos remerciements aux membres du jury : Mme Boudjou Souhila et Mme Laib Yasmina, pour le temps qu'ils consacrent à la lecture et à l'évaluation de ce travail.

Nos remerciements les plus sincères vont à toute l'équipe de la laiterie Soummam, pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité, leur encadrement de qualité et leur précieuse collaboration. Leur soutien nous a été d'une grande aide, tant sur le plan technique qu'humain.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Mr Taalba, Mr Hamitouche et Mme Mahloul, pour leur implication et leur bienveillance.

Enfin, on remercie toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour leur appui moral et leur encouragement tout au long de ce parcours.

Lisa et Nesrine

Dédicace

Je souhaite dédier ce mémoire à toutes celles et ceux qui ont cru en moi et m'ont soutenue tout au long de ce parcours:

***Maman**, héroïne de ma vie, pilier de mon existence. Chaque sacrifice que tu as fait, chaque effort que tu as déployé, ont façonné la personne que je suis aujourd'hui. Ton amour inconditionnel, ta force et ta patience m'ont guidé à chaque étape. Sans toi, rien n'aurait été possible. Aujourd'hui, avec tout mon cœur, je te rends hommage et je te dis simplement : Merci. Je t'aime profondément et je suis fière d'être ta fille.*

À mon père, dont la présence bienveillante et les conseils avisés ont été d'un soutien précieux,

À mes frères, présents ou parti trop tôt, je vous adresse ma gratitude et mon affection profondes.

*A ma chère **Ryma**, pour avoir toujours été là pour moi, dans le meilleur et le pire.*

*À ma précieuse amie **Sabrina**. Merci d'avoir été ce repère constant, cette présence essentielle dans ma vie. Grandir à tes côtés a été une véritable chance, et j'espère que notre amitié perdurera au fil du temps. À mon amie **Mina**, pour son soutien indéfectible durant la réalisation de ce mémoire. Ta bienveillance et ta disponibilité ont été d'un réconfort précieux,*

*À l'ensemble du personnel du laboratoire de la laiterie **Soummam**, en particulier Monsieur **Taalba**, je vous adresse mes sincères remerciements.*

*Sans oublier ma binôme **Nesrine** que je remercie pour sa présence et sa contribution à la réalisation de ce travail.*

Et enfin, à moi-même. Pour chaque défi relevé, chaque épreuve surmontée et chaque pas franchi avec détermination. Je suis fière du chemin parcouru, des leçons apprises et de la personne que je deviens jour après jour. Aujourd'hui, je m'accorde cette reconnaissance méritée.

Lisa

Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercier **DIEU**, De m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

J'ai le plaisir de dédier ce travail à :

Mes chers parents qui m'ont toujours poussée et motivé dans mes études et qui ont été toujours à mes côtés. En signe de reconnaissance qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens et leur sacrifices infinis pour me voir réussir dans mes études.

*Mes deux chères sœurs **Nor** et **Manel** et mon frère **Amine** qui m'ont tant donné de courage pour accomplir ce travail.*

A tous ceux qui me sont chers, aux personnes qui m'ont aidé et encouragé de près ou de loin.

*Sans oublier ma binôme **Lisa** pour son soutien, sa patience, sa compréhension et son amitié tout au long de ce projet.*

Et à tous ceux qui aiment le bon travail et ne reculent pas devant les obstacles de la vie.

Nesrine

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
---------------------------	---

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la plante

I.1. L'artichaut (Cynara scolymus L).....	3
I.1.1. Description botanique.....	3
I.1.2. Classification	4
I.1.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle.....	5
I.1.4. Propriétés thérapeutiques.....	7
I.1.5. Incorporation des sous-produits d'artichaut.....	8
I.2. Valorisation des sous- produits.....	9
I.3. Technologie fromagère.....	9
I.3.1. Fromage frais.....	9
I.3.2. Valeur nutritionnelle du fromage frais.....	10
I.3.3. Etapes de la fabrication du fromage frais	11
I.3.4. Différents enrichissements du fromage frais.....	13

Partie pratique :

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Matériel végétal.....	15
II.1.1. Préparation du matériel végétal.....	15
II.1.2. Analyses physico-chimiques de la poudre.....	16
II.1.2.1. Taux d'humidité.....	16
II.1.2.2. Taux de cendre.....	16
II.1.2.3. Mesure du PH.....	17
II.1.2.4. Teneur en matière grasse totale.....	17
II.1.2.5. Teneur en protéines totales.....	17
II.1.3. Teneur en composés phénoliques et potentiel antioxydant.....	17
II.1.3.1.Extraction des composés phénoliques.....	17
II.1.3.2. Dosage des composés phénoliques.....	18
II.1.3.3. Potentiel antioxydant des extraits.....	18
II.1.3. Test de cytotoxicité.....	20
II.2. Elaboration des fromages frais enrichis.....	21
II.2.1. Formulation de la préparation alimentaire.....	21
II.2.2. Analyses physico-chimiques des fromages élaborés.....	21
II.2.2.1. Potentiel d'hydrogène (PH).....	22
II.2.2.2. Acidité titrable.....	22
II.2.2.3. Extrait sec total (EST).....	22
II.2.2.4. Taux de la matière grasse (MG).....	23
II.2.3. Analyses phytochimiques des fromages élaborés.....	23
II.2.3.1. Extraction des substances bioactives.....	23

II.2.3.2. Dosages des composés phénoliques.....	23
II.2.3.3. Potentiel antioxydant.....	24
II.2.4. Analyses microbiologiques.....	24
II.2.5. Analyses sensoriels.....	25
II.3. Analyses statistiques.....	25

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Evaluation de la qualité nutritionnelle du sous-produit d'artichaut.....	26
III.1.1. Analyse physico-chimique.....	26
III.1.1. 1. Taux d'humidité.....	26
III.1.1.2. Teneur en matière sèche.....	27
III.1.1.3. Teneur de cendres.....	27
III.1.1.4. Teneur en protéines.....	27
III.1.1.5. PH	28
III.1.1.6. Teneur en matière grasse.....	28
III.1.2. Teneurs en composés phénoliques.....	29
III.1.3. Evaluation de l'activité antioxydante.....	29
III.1.4. Analyse de la cytotoxicité des poudres.....	31
III.2. Analyses des fromages enrichis par la poudre d'artichaut.....	32
III.2.1. Analyse phytochimique.....	32
III.2.2. Evaluation de l'activité antioxydante du fromage frais.....	35
III.2.3. Analyses physicochimiques.....	38
III.2.3.1. Acidité titrable et PH.....	39
III.2.3. 2.Extrait sec total.....	43
III.2.3. 3.Matière Grasse.....	44
III.2.4. Analyses microbiologiques.....	45
III.2.5. Analyses sensorielles.....	47
Conclusion et perspectives.....	50

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

Abs : Absence.

ABTS : 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)

AFNOR : Association Française de Normalisation

AOAC: Association of Official Analytical Chemists.

BSA : Bovine Serum Albumin (Albumine sérique bovine)

D° : Degré Dornic.

DLC : Date limite de consommation

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

EC : Équivalent Catéchine

EAG : Équivalent Acide Gallique

EQ : Équivalent Quercétine

EST : Extrait Sec Total

FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power

FF : Fromage frais.

FT: Fromage témoin.

MS : Matière sèche.

MM : Matière minérale.

MG : Matière grasse.

NaOH : Hydroxyde de sodium

ONU : Organisation des Nations Unies.

PA : Poudre d'artichaut.

PCA : Plate Count Agar.

SPA : Sous-Produits d'Artichaut

TFC : Total Flavonoid Content

TPC : Total Phenolic Content

TH: Taux d'humidité.

VRBL: Violet Red Bile Lactose.

YGC: Yeast Glucose Chloramphenicol.

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Aspect morphologique d'artichaut	4
02	Composition chimique des sous-produits d'artichaut	6
03	Diagramme de la production du fromage frais SOUMMAM	12
04	Photographie des tiges et de la poudre d'artichaut	15
05	Photographie du fromage frais SOUMMAM et la préparation alimentaire	21
06	Activité neutralisant le radical libre DPPH• en fonction de la concentration d'extrait d'artichaut	31
07	Test de toxicité de la poudre d'artichaut sur les érythrocytes humains	32
08	Teneurs en phénols totaux des fromages enrichis en poudre d'artichaut	33
09	Teneurs en flavonoïdes totaux des fromages enrichis en poudre d'artichaut	34
10	Inhibition du radical DPPH• des fromages enrichis en poudre d'artichaut	35
11	Inhibition du radical ABTS ⁺⁺ des fromages enrichis en poudre d'artichaut	36
12	Capacité réductrice (FRAP) des fromages enrichis en poudre d'artichaut	37
13	Corrélation entre le pH et l'acidité titrable des fromages enrichis en fonction du temps	42
14	Evolution du taux d'extrait sec total des fromages enrichis en fonction du temps	43
15	Evolution de la matière grasse des fromages enrichis en fonction du temps.	44

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Les principaux pays producteurs d'artichauts	3
II	Classification systématique de <i>Cynara scolymus L</i>	4
III	Valeur nutritionnelle pour 100g d'artichaut	7
IV	Les propriétés biologiques des sous-produits d'artichaut	8
V	Valeurs nutritionnelles du fromage frais SOUMMAM	10
VI	Effet de l'incorporation de quelques matrices végétales sur les caractéristiques du fromage frais	14
VII	Caractéristiques physico-chimiques de la poudre d'artichaut	26
VIII	Analyse phytochimique d'extrait d'artichaut	29
IX	Activité antioxydante de l'extrait éthanolique d'artichaut	30
X	Résultats d'analyses physicochimiques des fromages enrichis en poudre d'artichaut à J+1	38
XI	Evolution du pH des fromages enrichis en fonction du temps	39
XII	Suivie de l'acidité titrable (D°) des fromages enrichis en fonction du temps	40
XIII	Résultats des analyses microbiologiques des fromages élaborés à J+1	46
XIV	Résultats des analyses microbiologiques des fromages élaborés à la DLC	47
XV	Analyses sensorielles des fromages enrichis	49

Introduction

Introduction

La valorisation des sous-produits agroalimentaires représente aujourd'hui une stratégie majeure dans le développement de systèmes alimentaires durables. En effet, les procédés de transformation des fruits et des légumes génèrent des quantités importantes de sous produits, y compris les pelures, les graines, les tiges.... Ces derniers, si sont convenablement exploités, peuvent devenir de véritables ingrédients fonctionnels à haute valeur ajoutée, à cause de leurs richesse en composés bioactifs tels que les fibres, les polyphénols, ou encore les minéraux (Cannas *et al.*, 2024 ; Colombo *et al.*, 2024). Cette approche s'inscrit pleinement dans une logique d'économie circulaire, en contribuant à la réduction du gaspillage alimentaire et à l'optimisation des ressources végétales (Canale *et al.*, 2022).

Parmi ces sous-produits prometteurs, les tiges d'artichaut (*Cynara scolymus* L.) attirent une attention croissante du fait de leur teneur élevée en composés phénoliques et les fibres alimentaires, leur conférant des propriétés antioxydantes, prébiotiques et anti-inflammatoires bien documentées (Lattanzio, 2009 ; Ayuso *et al.*, 2024 ; Masci, 2025). Bien qu'elles soient largement disponibles, ces tiges demeurent souvent sous-utilisées dans les filières agricoles locales, notamment en Algérie, où la culture de l'artichaut est pourtant bien implantée.

Dans un contexte de consommation de plus en plus orientée vers des produits naturels, fonctionnels et bénéfiques pour la santé, les industries agroalimentaires sont en quête d'innovations capables de répondre à ces attentes tout en renforçant la durabilité de leurs chaînes de production (Costa *et al.*, 2018 ; Lucera *et al.*, 2018 ; Ammar, 2024). L'intégration de sous-produits végétaux dans les produits laitiers, tels que les yaourts ou les fromages, apparaît alors comme une solution particulièrement innovante, pour améliorer la qualité nutritionnelle, la stabilité oxydative et les propriétés sensorielles de ces matrices (Ferreira, 2023 ; Kholif *et al.*, 2024).

C'est dans cette optique que s'inscrit le présent travail, dont l'objectif est la formulation d'un fromage frais à valeurs ajoutées enrichis en poudre de tiges d'artichaut tout en analysant les paramètres phytochimiques, sensoriels et suivre l'évolution microbiologique

et physico-chimique des fromages enrichis jusqu'à leur date limite de consommation, afin d'évaluer leur stabilité et leur conformité tout au long de leur durée de stockage.

Notre travail est organisé en trois chapitres principaux, dont le premier est une recherche bibliographique consacré à l'étude des sous-produits d'artichaut (tiges) et les différentes supplémentations réalisées pour les fromages frais. Le deuxième chapitre qui est matériels et méthodes illustre les méthodes et les protocoles expérimentaux utilisés pour la valorisation de la poudre de tiges d'artichaut, suivi par l'élaboration de différents types de fromage frais à base de quantités variées de poudre incorporée tout. Les résultats obtenus sont présentés dans le troisième chapitre ainsi que leur discussion.

I. Synthèse bibliographique

I- Synthèse bibliographique

I.1. Artichaut (*Cynara scolymus* L.)

L'artichaut cultivé (*Cynara scolymus*) est une plante de la famille des Astéracées, originaire du bassin méditerranéen. Selon les statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (ONU), la production mondiale (Tableau I) d'artichaut en 2022 était d'environ 1,58 millions de tonnes, dont, dans l'ordre, l'Italie, l'Égypte, l'Espagne et l'Algérie comme principaux producteurs (Faostat, 2022). Sa culture en Algérie est particulièrement présente dans diverses régions où sa culture nécessite un climat tempéré et des sols bien drainés riches en matière organique (Falco *et al.*, 2015).

Tableau I : Les principaux pays producteurs d'artichauts (Faostat, 2022).

Rang	Pays	Production (tonnes)
1	Italie	459 962
2	Égypte	378 110
3	Espagne	200 070
4	Algérie	124 305
5	Argentine	97 131
6	Pérou	81 023
7	Chine	41 025
8	Maroc	40 815
9	États-Unis	33 679
10	Turquie	30 417
11	Tunisie	24 000
12	France	21 750

I.1. 2. Description botanique

L'artichaut (*Cynara scolymus* L.) est une plante vivace cultivée (Figure 01), issue du cardon (*Cynara cardunculus* L.), et originaire du bassin méditerranéen. Il appartient à la famille des Astéracées et se distingue par sa robustesse et sa croissance vigoureuse. Cette plante herbacée possède une tige dressée, cannelée et ramifiée, dont la hauteur varie généralement entre 1 mètre et 1,50 mètre. Son système souterrain est composé d'un rhizome solide et d'un réseau racinaire bien développé (Goetz et Jeune, 2007). Ses feuilles sont épaisses et imposantes, mesurent entre 50 cm et 200 cm de longueur. La partie comestible de

l'artichaut est son inflorescence, appelée capitule ou tête, portée par un pédoncule allongé. Elle se compose d'un réceptacle sur lequel sont insérées les fleurs tubulées de couleur bleu-violet, entourées de bractées externes (Falco *et al.*, 2015).



Figure 01: Aspect morphologique d'artichaut (Phytomag, 2018)

I.1.3. Classification systématique

L'artichaut cultivé fait partie de la famille des Astéracées (Tableau II). Le genre **Cynara**, auquel appartient l'artichaut cultivé (*C. scolymus*), compte **plusieurs espèces reconnues**, à savoir: *C. scolymus*, *C. cardunculus*, *C. humilis*, *C. cornigera*, *C. baetica*, *C. cyrenaica*, *C. algarbiensis*, *C. tournefortii* (Falco *et al.*, 2015).

Tableau II : Classification systématique de ***Cynara scolymus*** (Goetz et Jeune, 2007).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Asterales
Famille	Astéraceae
Genre	Cynara
Espèce	<i>Cynara scolymus</i>

I.1.4. Composition chimique et valeur nutritionnelle

L'artichaut est une source exceptionnelle de macro- et micronutriments essentiels ainsi que d'autres composés bioactifs (Figure 03), importants pour le bon fonctionnement de l'organisme et la prévention de certaines maladies. Elles contribuent à son remarquable profil nutritionnel en fournissant un large éventail de vitamines, de minéraux et d'antioxydants (Pandino *et al.*, 2013 ; Gominho *et al.*, 2018 ; Borsini *et al.*, 2021 ; Colombo *et al.*, 2024)

L'artichaut contient une quantité exceptionnellement élevée de fibres, en particulier la pectine et l'inuline, qui est un prébiotique favorisant la santé intestinale. Ce légume est riche en vitamines (E, C, B3, B6, B8, B9) et minéraux essentiels (K, P, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Cr, Mn) (Colombo *et al.*, 2024).

L'artichaut pourrait constituer une excellente alternative comme source de protéines, en particulier en raison de leur profil complet en acides aminés essentiels, notamment la phénylalanine, la proline, la leucine, la méthionine et la valine et qui est supérieur par rapport à d'autres sources alimentaires comme les tomates et les carottes. Par ailleurs, cette plante contient plusieurs enzymes d'intérêt comme la cynarase et la peroxydase, jouent un rôle essentiel dans divers applications industrielles et santé (Ayuso *et al.*, 2024 ; Colombo *et al.*, 2024).

Termes d'antioxydants, l'artichaut peut être considéré comme une excellente source (Figure 02), il contient une concentration plus élevée d'acides phénoliques, notamment les esters de l'acide caféique comme l'acide chlorogénique et le 1,3-dicaféoylquinique (Falco *et al.*, 2015). En plus, les flavonoïdes, tels que la lutéoline et ses dérivés, sont également présents en quantités significatives. Ces composés sont reconnus pour leurs propriétés antioxydants et leur rôle potentiel dans la prévention de diverses maladies (Lattanzio, 2009 ; Colombo *et al.*, 2024).

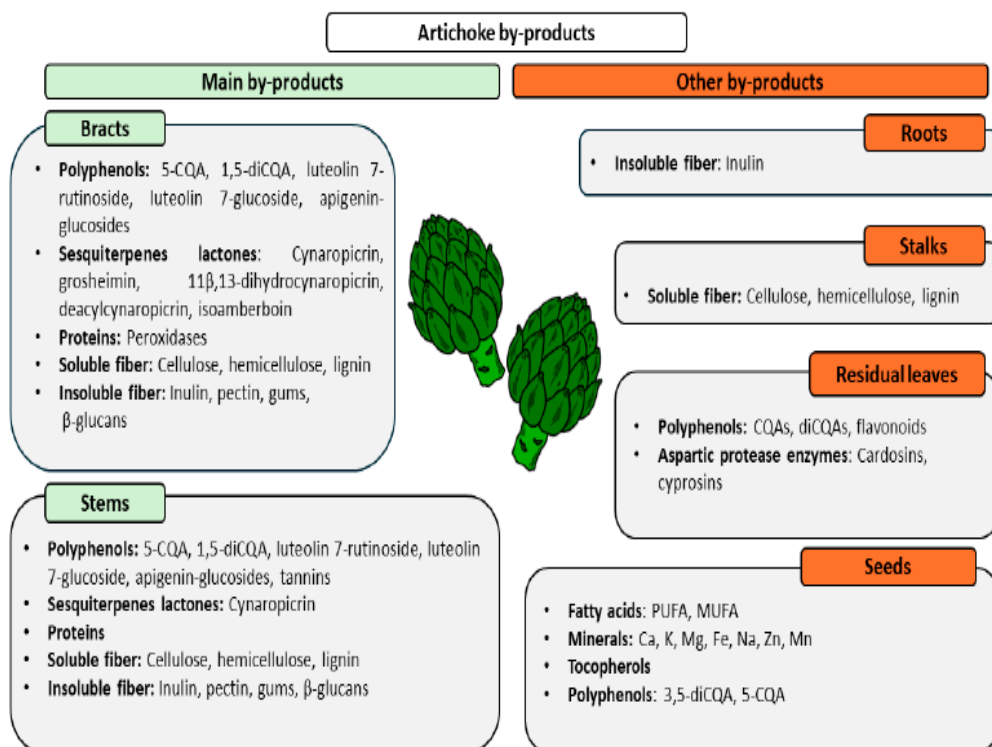


Figure 02 : Composition chimique des sous produits d’artichaut (Colombo *et al.*, 2024)

La valeur énergétique de 100 g d'artichaut cru est estimée à 57 kilocalories, ce qui le classe parmi les légumes à faible teneur calorique (Tableau III). De plus, cette portion de 100g d'artichaut cru renferme environ 3 g de protéines, 0,2 g d'acides gras et 11 g de glucides, dont 5,4 g sont des fibres alimentaires. L'artichaut présente également une forte teneur en eau (Olas *et al.*, 2024).

Cette richesse nutritionnelle et biochimique positionne l'artichaut, comme un ingrédient prometteur pour l'industrie agroalimentaire et pharmaceutique, notamment dans la formulation de produits fonctionnels et de biomatériaux innovants (Colombo *et al.*, 2024).

Tableau III : Valeurs nutritionnelle pour 100g d’artichaut (Olas *et al.*, 2024)

Nutriment	Quantité
Matière sèche	15.06 %
Energie	57 Kcal
Protéine	3.27 g
Lipides	0.15 g
Glucides	10.51g
Sucres	0.99 g
Fibres alimentaires	5.40 g
Calcium	44 mg
Magnésium	60 mg
Potassium	370 mg
Sodium	94 mg
Vitamine C	11.70 mg
Acide folique	68 µg

I .1.5. Propriétés thérapeutiques

Des études pharmacologiques ont mis en évidence que divers extraits d'artichaut possèdent différentes activités biologiques, notamment des propriétés antimicrobiennes (Colombo *et al.* , 2024), antifongiques (Lattanzio *et al.* ,2009), anti-inflammatoires (Ayuso *et al.*, 2024), antioxydantes (Olas *et al.*, 2024), anticancéreuses (Ben Salem *et al.*,2015) et d'autres activités pharmacologiques mentionnées dans le tableau IV. Par ailleurs, son rôle dans l’inhibition de la biosynthèse du cholestérol et la réduction de l’oxydation des LDL en fait un allié potentiel dans la prévention des maladies cardiovasculaires (Lattanzio *et al.*,2009 ; Ayuso *et al.*, 2024).

Tableau IV : Les propriétés biologique des sous-produits d’artichaut (Colombo *et al.*, 2024)

Sous-produit de l’artichaut	Propriétés biologiques	Références
Bractées	Anti-inflammatoire	Salem <i>et al.</i> ,2017
	Antioxydant	Pagano <i>et al.</i> ,2016
	Hypolipidémie	Benkhoud <i>et al.</i> , 2020
	Antimicrobienne	Shallan <i>et al.</i> , 2020
	Antiproliférative	Noriega <i>et al.</i> ,2020
Tiges	Antioxydant	Jiménez <i>et al.</i> ,2019
	Anti-inflammatoire	Carpentieri <i>et al.</i> ,2022
	Probiotique	Zeaiter <i>et al.</i> ,2019
	Antimicrobien	Mejri <i>et al.</i> ,2020
	Antiproliférative	Noriega <i>et al.</i> ,2020
Feuilles	Antioxydant	Pagano <i>et al.</i> ,2016
	Anti-inflammatoire	Matsumoto <i>et al.</i> ,2021
	Hypoglycémique	Rondanelli <i>et al.</i> ,2013

I.1.6. Incorporation des sous produit d’artichaut

Les sous-produits d’artichaut (SPA) sont des ingrédients naturels polyvalents, reconnus pour leur richesse en composés bioactifs et en fibres. Autrefois destinés à l’alimentation animale, ils sont aujourd’hui connus pour leurs propriétés fonctionnelles et nutritionnelles. Leur faible coût et leur capacité à améliorer la texture et la stabilité des aliments en font d’excellents modificateurs rhéologiques. Grâce à leur pouvoir antioxydant, ils constituent une alternative efficace aux conservateurs synthétiques, renforçant ainsi la sécurité alimentaire ((Ayuso *et al.*,2024 ;Colombo *et al.*, 2024).

Dans l'industrie laitière, les SPA jouent un rôle clé en améliorant les propriétés prébiotiques et rhéologiques du yaourt, du lait et du fromage. Par ailleurs, la cardosine A et B favorisent la coagulation du lait comme présure végétal, facilitant ainsi la production de fromages crémeux et fondants. Ces extraits sont désormais des composants essentiels des procédés de transformation laitière.

En boulangerie, ils renforcent la structure des pâtes et prolongent la conservation des produits finis. Leur intégration dans les aliments sans gluten apporte des bienfaits antioxydants et anti-inflammatoires, offrant une solution adaptée aux personnes atteintes de la maladie cœliaque. Ainsi, les sous-produits d'artichaut s'imposent comme des ingrédients innovants aux multiples applications dans l'industrie agroalimentaire (Ayuso *et al.*, 2024 ;Colombo *et al.*, 2024).

I.2. Valorisation des sous-produits

Les sous-produits agricoles, souvent sous-exploités, peuvent être transformés en ressources précieuses à forte valeur ajoutée. C'est pourquoi de nombreuses études explorent l'utilisation des sous-produits végétaux pour améliorer la valeur nutritionnelle et les propriétés technologiques des aliments. Leur valorisation constitue une solution durable qui réduit les coûts de production, limite l'impact environnemental et optimise l'utilisation des matières premières. Intégrés dans l'alimentation, ils contribuent également à réduire le gaspillage. Cette approche permet d'optimiser les ressources naturelles tout en enrichissant les formulations alimentaires. Cela favorise ainsi une gestion durable des ressources et une réduction des déchets. Pour maximiser leur potentiel, il est essentiel d'adopter des méthodes de récupération efficaces, adaptées aux politiques de réutilisation et économiquement viables (Lucera *et al.*, 2018 ; Caponio *et al.*, 2022 ; Liu *et al.*, 2023 ; Colombo *et al.*, 2024).

I.3. Technologie fromagère

La technologie fromagère englobe l'ensemble des méthodes et techniques utilisées pour convertir le lait en fromage. En réalité, l'ajustement précis de l'intensité de divers processus au cours des différentes étapes de fabrication, telles que l'égouttage et l'affinage, permet d'obtenir une grande variété de caractéristiques. Cela conduit également à l'établissement de procédés spécifiques adaptés à chaque type de fromage (Eck et Gillis, 2006).

I.3.1. Fromage frais

Le fromage frais est un type de fromage à pâte molle qui n'a pas subi de processus d'affinage. Il se caractérise par une texture très humide et une faible minéralisation, ce qui lui confère une consistance crémeuse. Son goût est généralement doux, avec une légère acidité qui n'est pas très prononcée, ce qui le rend particulièrement agréable à tartiner et à mélanger avec d'autres ingrédients (Vignola., 2002).

I.3.2. Valeur nutritionnelle du fromage frais

Le **fromage frais** est un aliment apprécié tant pour son goût délicat que pour ses bienfaits nutritionnels. Il est riche en **protéines**, en **calcium** et en **vitamines**, constitue ainsi une source précieuse de nutriments essentiels à une alimentation équilibrée. Contrairement aux fromages affinés, il conserve une **teneur élevée en eau**, ce qui lui confère une texture onctueuse et une digestion optimale. La valeur nutritive du fromage frais varie selon la teneur en matières grasses du lait utilisé et le procédé de fabrication. Ainsi ce produit laitier convient parfaitement aux enfants, aux adolescents, aux femmes en période de grossesse et aux personnes âgées. En outre, leur faible apport en glucides est idéal pour les personnes diabétiques (Schuck *et al.*, 2000).

Le tableau ci-dessous représente les valeurs nutritionnelles du fromage frais fourni pour cette étude par la laiterie SOUMMAM.

Tableau V : Valeurs nutritionnelles du fromage frais SOUMMAM

Composition	Valeurs nutritionnelles (pour 100 g)
Énergie	85.3 kcal
Matières grasses	4,5 g
Acides gras saturés	3,06 g
Glucides	3,7 g
Sucres	3,7 g
Protéines	7,5 g
Sel	0,1 g
calcium	112 mg

I.3.3. Etapes de fabrication du fromage frais :

Ce procédé se divise en trois étapes distinctes.

➤ **Préparation du caillé maigre** : La fabrication de la pâte fromagère repose sur la séparation du caillé et du lactosérum (*petit-lait*). Cette phase commence par la reconstitution du lait écrémé en poudre, suivi de son hydratation et de son refroidissement. Ensuite, le lait est préchauffé, homogénéisé et pasteurisé avant d'être maturé avec des ferments lactiques. Une fois la maturation terminée, le caillé est constitué, thermisé et égoutté pour séparer les composants solides (caillé) et liquides (lactosérum). Enfin, il est refroidi et stocké pour préserver ses caractéristiques.

➤ **Préparation de la crème fraîche** : Le lait cru est collecté, transporté et écrémé par centrifugation pour séparer la crème du lait écrémé. La crème obtenue est pasteurisée, dégazée et stérilisée afin d'éliminer les microorganismes et garantir sa conservation. Elle est ensuite stockée à une température adéquate.

➤ **Élaboration du produit fini** : Le caillé maigre et la crème fraîche sont mélangés pour obtenir une texture homogène. Ce mélange est ensuite conditionné dans des pots scellés, étiquetés et stockés à 4°C en chambre froide pour assurer sa stabilité jusqu'à la consommation.

La figure 03 représente le diagramme de base de fabrication du fromage frais SOUMMAM.

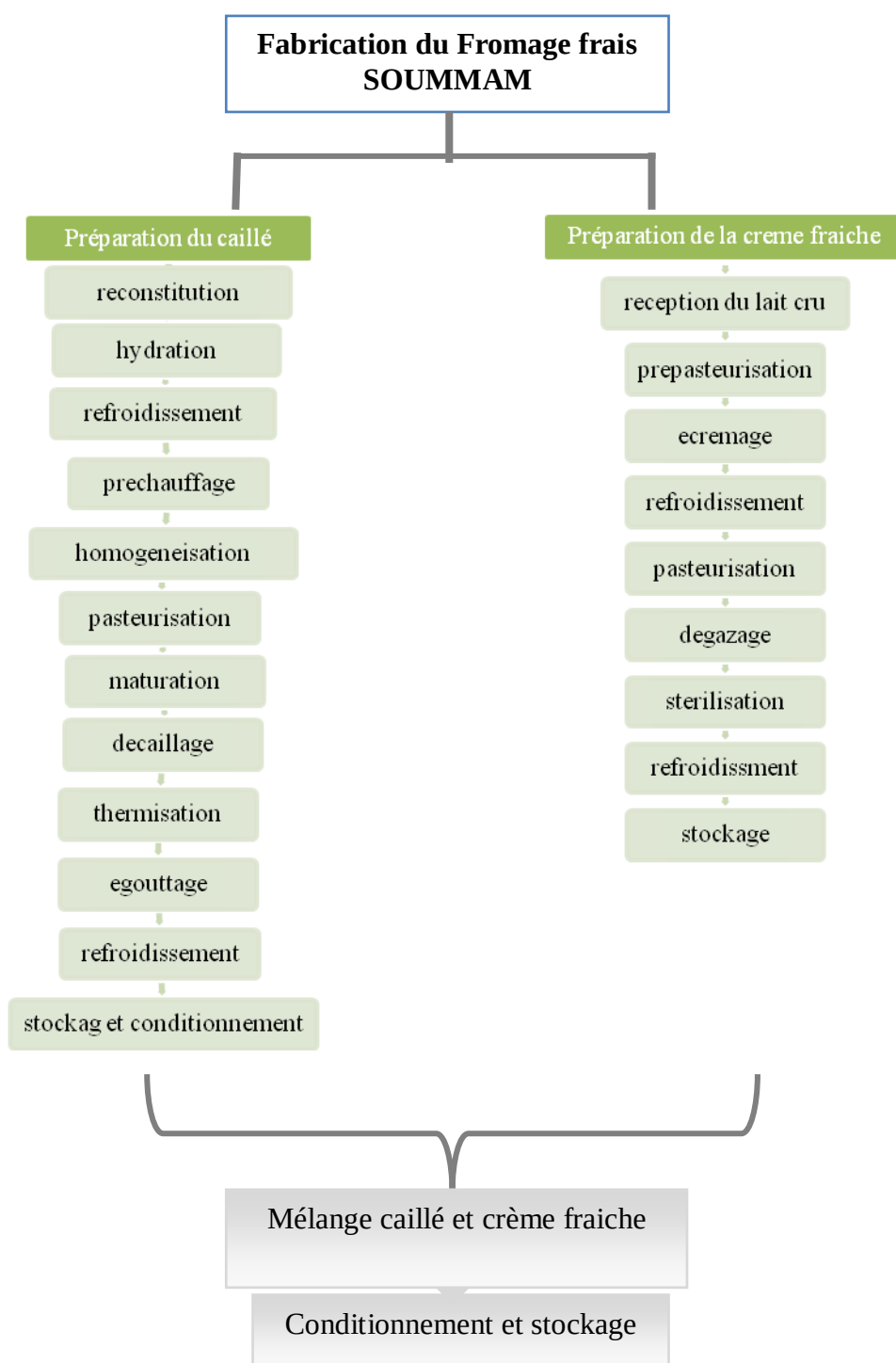


Figure 03 : Diagramme de production du fromage frais SOUMMAM.

I.3.4. Différent enrichissement du Fromage frais

L'intégration de produits à base de fruits et légumes dans la fabrication du fromage représente une approche innovante qui améliore sa qualité et ses bienfaits. En plus d'offrir des arômes distinctifs, ces matrices végétales augmentent la valeur nutritionnelle du fromage, prolongent sa durée de conservation et répondent aux attentes des consommateurs en quête de naturalité et de bien-être (Kholif *et al.*, 2024). Face à ces exigences, plusieurs recherches se sont orientées vers la formulation du fromage à base d'additifs naturels.

Le tableau VI représente les différents enrichissements du fromage frais avec diverses matrices végétales ainsi que leurs effets bénéfiques.

Tableau VI : Effet de l’incorporation de quelques matrices végétales sur les caractéristiques du fromage frais

Matrice végétale	Concentrations incorporées	Pourcentage suggéré	Résultats	Références
Patte de date	4 %, 8%	4%	Sur le plan nutritionnel, l'ajout de pâte de dattes a permis d'obtenir des fromages frais présentant un meilleur profil d'acides gras et une teneur en minéraux plus élevée.	Munoz-Bas, 2024
Thym	0.5%, 1%, 1.5 %	1.5 %	Meilleures propriétés antioxydantes et antimicrobiennes et bonne saveur	Kholif <i>et al.</i> , 2024
Coquilles de châtaignes	1%, 2%	1 %, 2 %	Les résultats ont révélé des propriétés antioxydantes intéressantes, avec un taux de phénolique intéressant dans le produit fini	Ferreira, 2023
Poudre de riz, pomme de terre	0.5%, 1%	1%	Tous les antioxydants naturels ont amélioré les propriétés du fromage et l'acceptabilité globale jusqu'à la fin de la période de stockage.	El-Zahar, 2018
Ail sauvage et coriandre	2.5 %, 5%	5%	le fromage frais produit est riche en protéines, en matières grasses et en calcium. Ce qui en fait un produit dense sur le plan calorique et nutritionnel.	Ulloa <i>et al.</i> , 2024
Poudre de romarin et extrait de romarin	Poudre : 0,25 %, 0,5 %, 0,75%, Extrait : 0,25 %, 0,75 %	0,75% de poudre de romarin	Cette supplémentation a permis l'obtention d'un produit final présentant des caractéristiques phénoliques et une capacité antioxydante améliorées par rapport au contrôle	Himed-Idir <i>et al.</i> , 2021

II. Matériel et méthodes

II- Matériel et méthodes

Le présent travail a été réalisé avec la collaboration de deux laboratoires : Laboratoire N°1 et N°9 de département de Biotechnologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de Bejaia et laboratoire du contrôle et qualité de la Laiterie SOUMMAM. Cette étude a pour objectif de valoriser les sous-produits de l'artichaut (tiges) en l'incorporant dans la formulation d'un fromage frais, dans le but d'élaborer un **aliment fonctionnel**. L'objectif est d'évaluer l'effet de cette incorporation sur les propriétés physicochimiques, microbiologiques et sensorielles du produit final, tout en suivant ces paramètres durant le stockage et en évaluant son efficacité en tant que source d'antioxydants. Cette démarche s'inscrit dans une perspective de valorisation des sous-produits agroalimentaires et d'optimisation des formulations nutritionnelles en biotechnologie alimentaire.

II-1- Matériel Végétal

II-1-1- Préparation du matériel végétal

Dans cette étude, les tiges d'artichauts ont été obtenues sur le marché commercial de Bejaia en février 2025. Les échantillons sont d'abord triés, puis nettoyés à l'eau. Ils sont ensuite étalés et séchés à l'air libre et mise à l'étuve à 40 C° afin d'éliminer toute trace d'humidité. Après le séchage, les tiges sont broyées à l'aide d'un broyeur électrique (Ika Labortechnik, Staufen, Germany) jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. La poudre obtenue (Figure 04) est ensuite conservée dans des bocaux en verre opaques, hermétiquement scellé pour des analyses ultérieures.



Figure 04 : Photographie des tiges (A) et de la poudre (B) d'artichaut

II-1-2- Analyses physico-chimique de la poudre

II-1-2-1- Taux d'humidité

Le taux d'humidité a été déterminée par dessèchement à l'étuve: 1 g de poudre du sous produits d'artichauts ont été porté à 103 ± 2 °C pendant 3 heures jusqu'à obtention d'un poids stable. Les tests sont menés en trois répétitions et les pourcentages en humidité sont calculés selon la formule:

$$TH \% = \frac{Pf - PS}{Pf - Pc} * 100$$

Où :

TH (%) : Taux d'humidité en pourcentage ;

Pc : Poids du creuset vide (g) ;

Pf : Poids du creuset avec l'échantillon avant le Séchage (g) ;

Ps : Poids du creuset avec l'échantillon séché (g).

Le pourcentage en matière sèche (MS) est obtenu comme suit :

$$MS \% = 100 - TH\%$$

II-1-2-2- Taux de cendre

Le taux de cendre (ou matière minérale: MM) est déterminé en incinérant des échantillons de 1 g à 900°C selon la méthode officielle (AOAC, 1998). La combustion a lieu dans un four à moufle. La minéralisation dure 3 heures jusqu'à combustion totale de la matière organique et qu'un résidu blanchâtre apparaisse. Les creusets sont placés dans un dessiccateur et pesés immédiatement après refroidissement.

$$MM (\%) = \frac{P1 - P0}{P2} * 100$$

Où :

P₁ : Masse du creuset après calcination (g)

P₀ : Masse du creuset vide (g) ;

P₂: Masse du creuset avant calcination (g).

II-1-2-3- Mesure du pH

La mesure du pH est faite en utilisant un pH mètre de type pH-mètre (HANNA instrument HI 2211) d'une suspension de 1%, (Poids/volume) de poudre végétale.

II-1-2-4- Teneur en matière grasse totale

Les lipides totaux de la poudre des sous-produits d'artichaut séchées sont obtenus par extraction liquide/solide, en utilisant l'hexane comme solvant (Herch *et al.*, 2014). Une quantité d'échantillon (2 g) a été diluée dans 10 mL d'eau distillée puis additionné de 20 mL d'hexane suivi d'une agitation pendant 30 min. Les différentes phases du mélange ont été séparées par décantation. Les phases hexaniques obtenus ont été séchées. Les masses résiduelles sont considérées comme étant les taux de matière grasse.

Le taux des MG est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{MG \%} = \frac{M_1}{M_0} * 100$$

M₀ : Poids de l'échantillon (g) ;

M₁ : Poids du résidu sec (g).

II-1-2-5- Teneur en protéines totales

L'extraction alcaline des protéines a été réalisée selon le protocole de Cui *et al.* (2017) avec quelques modifications. Une quantité de 1 g de poudre d'artichauts a été dissoute dans 50mL de solution de NaOH (0,5 M), agitée à une température de 70 C° pendant 60 minutes. Enfin, le mélange a été centrifugé à 4000 tr/min pendant 20 minutes, et le surnageant a été recueilli.

Le dosage des protéines a été effectué selon la méthode de Bradford (1976); un volume de 1 mL du filtrat a été additionné de 3 mL de bleu de Coomassie. Le mélange a été incubé pendant 5 minutes à température ambiante, et l'absorbance a été mesurée à 595 nm. La teneur en protéines a été déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec du BSA dans les mêmes conditions opératoires (Annexe 06).

II-1-3- Teneur en composés phénoliques et potentiel antioxydant

II-1-3-1- Extraction des composés phénoliques

L'extraction des composés phénoliques est réalisée suivant le protocole de Romani *et al.* (2006). 50 g du broyat ont été macérées dans 500 mL d'éthanol (70%) pendant 24 heures sous agitation. La suspension obtenue a subi une décantation pendant 24 heures, afin de récupérer le surnageant. Ce dernier a été séché à l'étuve à 40°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

II-1-3-2- Dosages des composés phénoliques

➤ Dosage des phénols totaux (TPC)

L'estimation de la teneur en phénols totaux est réalisée selon la méthode du *Folin-Ciocalteu*, décrite par Kähkönen et ses collaborateurs (1999). Un volume de 200 μ L d'extrait (100 μ g/mL) et 1mL de réactif de *Folin-Ciocalteu* (10%) ont été introduits dans un tube de centrifugation et additionnés de 800 μ L de carbonate de sodium (7,5%). Le mélange a été incubé pendant 30 mn à température ambiante et à l'obscurité. Les absorbances ont été mesurées à 760 nm contre un blanc sans extrait. Les teneurs en phénols totaux ont été exprimées en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec (mg EAG/ g d'extrait) en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexe 3).

➤ Dosage des flavonoïdes totaux(TFC)

La teneur en flavonoïdes a été estimée selon la méthode utilisant le trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$), rapportée par Bahorun *et al.* (1996). Un volume de 1 mL d'extrait a été additionné à 1 mL de la solution de trichlorure d'aluminium (2%). Les mélanges ont été vigoureusement agités au vortex. Après 10min d'incubation à température ambiante, les absorbances sont mesurées à 430 nm. La concentration en flavonoïdes a été exprimée en milligrammes d'équivalent de quercétine (Annexe 4) par gramme d'extrait sec (mg EQ/ g d'extrait).

➤ Dosage des tannins condensés

Le dosage des proanthocyanidines a été estimé par le test de la vanilline en milieu acide selon le protocole proposé par Sun et ses collaborateurs (1998). 1 mL d'extrait est mélangé avec 3 mL de la solution méthanolique de la vanilline 4% et 1 mL de l'acide chlorique (HCl). Après incubation pendant 20 min à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 500 nm. La teneur en proanthocyanidines des extraits a été exprimée en milligramme d'équivalent de catéchine (Annexe 5) par gramme d'extrait sec (mg EC/ g d'extrait).

II-1-3-3-Potentiel antioxydant des extraits

Le potentiel antioxydant d'extrait éthanolique de sous-produit d'artichaut est évalué au moyen de trois tests : l'activité antiradicalaire du DPPH et l'ABTS, et le pouvoir réducteur par le test FRAP.

➤ Pouvoir antioxydant réducteur du fer (FRAP)

Le test FRAP se base sur la capacité des antioxydants à réduire le fer ferrique Fe^{3+} en fer ferreux Fe^{2+} . Cette capacité de réduction est considérée comme l'un des mécanismes antioxydants (Bakchiche *et al.*, 2018). Le test FRAP a été réalisé selon la méthode décrite par Boumerfeg *et al.* (2012). En résumé, 65 μ L d'extrait et 2 ml du réactif de FRAP (Annexe 06) ont été mélangés avec 200 μ L d'eau distillé, puis incubés à température ambiante pendant 30 minutes. La lecture de l'absorbance est réalisée à une longueur d'onde de 593 nm. Les valeurs du pouvoir antioxydant réducteur des ions ferriques en ions ferreux, sont exprimées en μ molaire équivalents de Trolox (Annexe 6) par gramme d'extraits (μ M ET/g d'extrait).

➤ Activité antiradicalaire du radical DPPH $^{\bullet}$

L'activité anti radicalaire du DPPH $^{\bullet}$ d'extrait éthanolique est déterminée selon la méthode décrite par Balasundram *et al.* (2007). Elle est basée sur la capacité des antioxydants à piéger le radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH). Ce dernier est réduit à la forme d'hydrazine (non radical) en acceptant un atome d'hydrogène. Plus la perte de couleur est élevée plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort.

Un volume de 500 µl de différentes concentrations (0-1 mg/ml) d'extrait éthanolique de sous-produit d'artichaut est ajouté à 1 ml de la solution méthanolique du DPPH (0.1mM) fraîchement préparée. Après 30 minutes d'incubation à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 517nm, où le méthanol est utilisé comme blanc.

L'activité scavenger du radical libre DPPH• exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH• suivant l'équation :

$$\% \text{Inhibition} = [(Ac - Ae) / Ac] \times 100$$

- Ac : Absorbance du milieu réactionnel (solution méthanolique du DPPH sans l'échantillon);
- Ae: Absorbance de l'extrait.

➤ **Activité antiradicalaire du radical ABTS^{•+}**

Cette méthode repose sur la capacité des composés à réduire le radical cation ABTS^{•+} (acide 2-2-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)). Ce radical est obtenu par oxydation de l'ABTS incolore par des composés tels que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ou le persulfate de potassium (Re *et al.*, 1999).

Le pouvoir anti-radicalaire contre le radical cationique ABTS^{•+} est mesuré selon la méthode de Re *et al.* (1999). La solution du radical ABTS^{•+} (2.45 mM) est obtenue par un mélange de la poudre ABTS avec une solution de persulfate de potassium (7 mM). Ce mélange est ensuite incubé à l'obscurité pendant 16 h (température ambiante). La solution d'ABTS^{•+} est ensuite diluée avec l'éthanol afin d'obtenir une absorbance de 0,7± 0,02 à 734nm. Un volume de 20 µl d'extrait éthanolique est additionné de 2 ml de la solution d'ABTS^{•+}. La quantité d'antioxydant ayant un pouvoir anti-radicalaire est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage réalisée avec le Trolox (Annexe 7) et les résultats sont exprimés en µmolaire équivalents de Trolox par gramme d'extrait (µM ET/g extrait).

II-1-3- Test de cytotoxicité

Afin d'évaluer l'innocuité des poudres végétales destinées à une application alimentaire ou biomédicale, un test de cytotoxicité est nécessaire. Le protocole suivi pour déterminer le niveau de toxicité de la poudre de sous produit utilisée dans notre étude est celui de Rafat *et al.* (2010). Des suspensions d'hématies à 10 % ont été mises en contact avec la poudre

végétale, préalablement diluée dans une solution saline physiologique (0,9 %), à différentes concentrations (50, 100, 500, 1000 et 2000 µg/mL). L'hémolyse induite a été évaluée en mesurant le taux d'hémoglobine libérée par les érythrocytes lysés.

II-2- Elaboration des fromages frais enrichis

Dans cette étude, nous avons utilisé le fromage frais de Laiterie Soummam comme base pour enrichir les produits laitiers avec de la poudre d'artichaut. Afin de déterminer le dosage optimal de cette poudre pour atteindre un équilibre harmonieux entre un goût délicieux et une texture agréable, différents fromages ont été élaborés : fromage frais témoin (FF), 04 fromages enrichis en poudre d'artichauts (PA) à différentes concentrations (0.5%, 1%, 1.5% et PA 2%).

II-2-1-Formulation de la préparation alimentaire

Dans un flacon stérile, une quantité de la poudre d'artichaut est mélangée avec 0,5 % de sel, 94,5 % d'eau et 2 % d'amidon ,après plusieurs essais visant à optimiser les proportions afin d'atteindre la texture souhaitée. La préparation végétale obtenue a été conservée dans une chambre froide à une température de 4 °C. Il convient de souligner que toutes ces étapes ont été effectuées dans un environnement contrôlé, à proximité d'un bec Bunsen, afin de garantir la propreté et la sécurité du processus.



Figure 05: Photographie du fromage frais SOMMAM (A) et la préparation alimentaire (B)

II-2-2-Analyses physico-chimiques des fromages élaborés

L'analyse physico-chimique est effectuée afin d'assurer les caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles des produits alimentaires (Scriban., 1999),

II-2-2- 1- Potentiel hydrogène (pH)

En chimie, le pH est l'indicateur du degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution ou d'un environnement. En d'autres termes, le pH évalue la concentration en ions oxonium H_3O^+ dans une solution aqueuse (Di Bartola., 2012). La mesure du pH se fait à l'aide d'un pH-mètre (HANNA instrument HI 2211). Une fois le pH mètre calibré, la sonde est insérée directement dans les échantillons et la valeur du pH s'affiche immédiatement sur l'écran de l'appareil (AFNOR, 1980).

II-2-2- 2- L'acidité titrable

L'acidité titrable permet de déterminer la teneur en acide lactique de l'échantillon par titrage, en utilisant une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,9 N. Après avoir ajouté 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine à l'échantillon (produit fini), on procède au titrage de son contenu. L'ajout de la solution de NaOH à 0,1 mol/L se fait à l'aide d'une burette jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante, indiquant le point d'équivalence (AFNOR, 1999).

Les résultats sont présentés en degré Dornic, conformément à l'équation ci-dessous :

$$\text{Acidité} = C^{st} * V$$

V : Volume (ml) lis sur la chute burette.

C^{st} : Constante égale à 10

II-2-2- 3- Extrait sec total (EST)

L'extrait sec total ou matières sèches totales correspond à la masse résiduelle après dessiccation complète (AFNOR, 1999). 4g de chaque échantillon a été analysé à l'aide d'un dessiccateur infrarouge (SARTORIUS MA100G, céramique, capacité 100 g, précision 0,1 mg,

diamètre 90 mm). Le processus de dessiccation s'arrête automatiquement dès qu'aucune perte de masse supplémentaire n'est détectée. Le pourcentage de matière sèche est alors affiché.

II-2-2- 4- Taux de matière grasse (MG)

Le dosage du taux de matière grasse a été réalisé selon la méthode de Gerber. 3g de chaque échantillon sont introduits dans un butyromètre spécifique. L'acide sulfurique (52 %) a été ajouté jusqu'à immersion complète de l'échantillon, permettant la dissolution des protéines. Le butyromètre a ensuite été placé dans un bain-marie thermostatique à 67 °C pendant 5 minutes. 1ml d'alcool iso-amylique a été incorporé, puis un complément d'acide sulfurique a été ajouté jusqu'au repère de graduation du butyromètre. L'ensemble a été homogénéisé puis centrifugé pendant 10 minutes afin d'assurer la séparation des phases (organique et grasse). Cette méthode permet une quantification précise de la fraction lipidique du fromage, paramètre fondamental dans l'évaluation de sa qualité nutritionnelle. Le taux de matière grasse est obtenu par lecture directe sur le butyromètre, chaque graduation correspondant à 0,5 % de matière grasse pour les fromages et 0,1 % pour les autres produits laitiers.

II-2-3- Analyses phytochimiques des fromages élaborés

II-2-3-1- Extraction des substances bioactives

La méthode d'extraction utilisée pour les fromages élaborés est celui de Zainoldin *et al.* (2009). D'abord, 10g de fromage est dissout dans 10mL d'eau distillée. Le ph de cette solution est ensuite ajusté à 4.0 avec une solution d'HCl (1N). Le mélange a été mis sous agitation (45 °C, 10 min) suivi d'une centrifugation et une filtration. Le surnageant est récupéré et son pH est ajusté à 7 avec une solution de NaOH (1N), puis conservé à 4°C jusqu'au moment de son utilisation.

II-2-3-2- Dosages des composés phénoliques

L'estimation de la teneur en phénols totaux (TPC) et en flavonoïdes totaux (TFC) dans les fromages élaborés est réalisée selon les protocoles mentionnés précédemment dans la section II-1-3-2.

II-2-3-3- Potentiel antioxydant

Le potentiel antioxydant des fromages élaborés est déterminé à l'aide de trois tests : DPPH, ABTS et FRAP, conformément aux protocoles mentionnés précédemment dans la section II-1-3-3.

II-2-4- Analyses microbiologiques

Dans le but d'assurer la sécurité microbiologique des produits, nous avons examiné les différentes flores pathogènes présentes dans les fromages enrichis.

Les germes recherchés au niveau de la laiterie SOUMMAM pour le fromage frais (coliformes totaux et fécaux, germes totaux, levures et moisissures) sont été analysés en se référant aux méthodes décrites dans le Journal Officiel Algérien N°39 de 2017 et la fiche technique du produit, afin d'assurer la conformité microbiologique du produit aux exigences de sécurité alimentaire.

Les différentes méthodes appliquées pour ces analyses microbiologiques sont détaillées dans l'annexe 09.

II-2-5-Analyses sensoriels

L'analyse sensorielle constitue une discipline scientifique dédiée à la quantification des propriétés sensorielles des aliments. Dans notre étude, l'analyse sensorielle a été réalisée sur cinq échantillons de fromages frais (un témoin et quatre fromages enrichis en poudre d'artichaut). Le panel de dégustation est composé de cinq membres experts de la laiterie SOUMMAM. Un questionnaire a été remis au jury de dégustation pour évaluer les caractéristiques organoleptiques : couleur, odeur, texture, arôme, saveur acide, saveur

attribuée, arrière-goût, astringence, tartinabilité et préférence globale des différents échantillons de fromages formulés (Annexe 10).

II-3- Analyse statistique

Les moyennes et les écarts types sont calculés à partir de trois essais avec Excel de Microsoft Office 2016. Une analyse statistique est faite par l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur pour les différents tests, avec le logiciel Graph Pad Prism 5.3 et les différences sont considérées significatives pour $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**), $p < 0,001$ (***)).

III. Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

III.1. Evaluation de la qualité nutritionnelle de la poudre d'artichaut

III.1.1. Analyse physico-chimique

La composition proximale du sous-produit d'artichaut est résumée dans le tableau VII.

Tableau VII : Caractéristiques physico-chimiques de la poudre d'artichaut

Paramètres physico-chimiques	Valeurs moyennes
Taux d'humidité (%)	7,63± 0,12
Matière sèche (%)	92,37± 1,34
Taux de cendre (%)	10,02 ± 0,32
pH	6,19± 0,13
Protéines totales (%)	4,6± 0,08
Matière grasse (%)	0,26± 0,04

MS : matière sèche

Chaque valeur représente la moyenne de trois essais ± écart-type.

III.1.1. 1. Taux d'humidité

La teneur en humidité (tableau VII) mesurée dans la poudre des tiges d'artichaut est relativement faible (7,63± 0,12%), ce qui traduit une efficacité satisfaisante du procédé de séchage appliqué. En effet, un taux inférieur à 10 % est généralement reconnu comme optimal pour la conservation des poudres végétales, en raison de sa capacité à limiter le développement microbien, les réactions enzymatiques et les phénomènes d'oxydation (Goula., 2005). Ces résultats s'accordent avec ceux rapportés par Boubaker *et al.* (2016), qui ont observé un taux d'humidité de 8,07 % dans une poudre issue de tiges d'artichaut destinée à des applications boulangères. Un taux d'humidité aussi bas est par ailleurs favorable au stockage à température ambiante sans recours à des conservateurs chimiques.

Sur le plan technologique, cette faible humidité constitue un critère essentiel pour l'incorporation de la poudre dans des matrices humides et sensibles, telles que le fromage

frais. Elle prévient notamment les risques de dilution indésirable, de modification de texture ou de déséquilibre rhéologique lors de la formulation (Mujumdar., 2014).

III.1.1.2. Teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche obtenue pour le sous produit d'artichaut est de 92,37 % (Tableau VII). Ce taux élevé de matière sèche témoigne de l'efficacité du procédé de séchage mis en œuvre dans cette étude. En comparaison, Lutz *et al.* (2011) ont rapporté, dans leur travail de caractérisation des différentes parties de l'artichaut, des valeurs de matière sèche comprises entre 76,6 % et 86,2 %. Cette différence notable peut être attribuée à la nature du procédé de séchage employé.

De ce fait, la richesse en matière sèche fait de cette poudre un excellent ingrédient pour la formulation de produits à valeur nutritionnelle renforcée,

III.1.1.3. Teneur de cendres

La teneur en cendres, avec un pourcentage de $10,02 \pm 0,32$ % (Tableau VII), a été observée dans la poudre étudiée. Ces résultats sont relativement proches de ceux rapportés dans des études antérieures. Ammar *et al.* (2024) ont indiqué que les tiges sèches d'artichauts contenaient environ 11% de cendres. Une autre étude a révélé que la teneur en cendres des artichauts variait entre 6,7 et 7,6 g/100 g de matière sèche, avec des différences significatives entre les artichauts cuits et crus, et entre les variétés matures et jeune (Cannas *et al.*, 2024). La teneur en cendres de la poudre de feuilles séchées ; qui est considérée comme une mesure de la teneur en minéraux ; dépend, entre autres, de l'état de fertilité du sol et des amendements apportés.

III.1.1.4. Teneur en protéines

L'échantillon de poudre des tiges sèches d'artichaut utilisé dans la présente étude a enregistré une teneur en protéines de $4,60 \pm 0,08$ % (Tableau VII). Les résultats obtenus dans cette étude sont légèrement inférieurs à ceux rapportés par Cannas *et al.* (2024), qui mentionne une teneur en protéines de 6,83 % dans les tiges d'artichaut. Cette divergence peut être attribuée à des facteurs tels que la variété végétale, les conditions de culture ou encore les méthodes d'extraction utilisées; des éléments connus pour influencer la composition biochimique des artichauts (Cannas *et al.*, 2024).

Sur le plan nutritionnel, bien que leur valeur biologique demeure inférieure à celle des protéines animales, ces protéines végétales offrent un intérêt complémentaire, en contribuant à l'apport en acides aminés d'origine végétale. Leur présence, même modeste, constitue donc un avantage dans la formulation de produits alimentaires enrichis, en particulier dans une optique de diversification des sources protéiques et de promotion d'une alimentation plus durable

III.1.1.5. pH

La poudre de tiges d'artichaut obtenue dans cette étude présente un pH de $6,19 \pm 0,13$ (Tableau **VII**), traduisant un caractère légèrement acide. Cette valeur est proche de celle rapportée par El-Ghareep (2024) dans son étude sur l'enrichissement de soupes instantanées en poudre d'artichaut, où un pH de 6,59 a été mesuré. Ces données concordent également avec les résultats de López-Molina *et al.* (2005), qui ont observé des pH compris entre 5,0 et 7,0 dans des extraits issus des parties végétatives de l'artichaut.

Les variations en pH peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment aux conditions de préparation de la poudre (telles que la température et la durée du séchage), à la variété botanique du légume utilisé, ainsi qu'à la composition biochimique intrinsèque de la matière végétale. La présence de composés phénoliques, d'acides organiques naturels ou de sels minéraux peut également influencer l'acidité finale du produit.

III.1.1.6. Teneur en matière grasse

L'analyse de la poudre obtenue à partir des tiges d'artichaut a révélé une teneur lipidique très faible, estimée à $0,26 \pm 0,04$ % (Tableau **VII**), ce qui est très proche de celui signalé par Boubakar (2016), en travaillant sur les déchets d'artichaut. Ce dernier a enregistré des teneurs entre 0,2 % et 0,5 %.

Sur le plan nutritionnel, la faible teneur en lipides constitue un avantage significatif pour le développement de formulations alimentaires allégées. L'intégration de cette poudre dans une matrice alimentaire n'entraîne aucune modification notable du profil lipidique global du produit final, ce qui en fait un ingrédient attrayant pour les formulations visant un contrôle nutritionnel.

Les résultats de l'analyse physico-chimique révèlent que le sous produit d'artichaut est une source riche en nutriments essentiels. Cette richesse confère à la poudre un potentiel fonctionnel intéressant, notamment dans le cadre de la formulation de produits alimentaires enrichis en micronutriments, tels que les fromages frais, tout en s'inscrivant dans une démarche de valorisation durable des coproduits agricoles.

III.1.2. Teneurs en composés phénoliques

Les concentrations des phénols totaux, des flavonoïdes et les tannins condensées sont déterminées à partir des courbes d'étalonnages tracées en utilisant comme standard l'acide gallique ($y = 0,005x + 0,115$, $R^2 = 0,991$), la quercétine ($y = 0,022x + 0,087$, $R^2 = 0,997$) et la catéchine ($y = 0,003x - 0,021$, $R^2 = 0,995$), respectivement (annexe 1). Les concentrations sont exprimées en mg EAG/g d'extrait pour les phénols totaux, en mg EQ /g d'extrait pour les flavonoïdes et en mg EC /g d'extrait pour les tannins condensées (Tableau VIII)

Tableau VIII: Analyse phytochimique d'extrait d'artichaut

Rendement (%)	Phénols totaux (mg EAG/ g MS)	Flavonoïdes (mg EQ/g MS)	Tanins condensés (mg EC/g MS)
15,64	24,54±4,25	7,85 ±0,96	3,12±0,37

Chaque valeur représente la moyenne de trois essais ± écart-type

Un taux d'extraction de 15,64% obtenu pour l'extrait éthanolique des tiges d'artichaut (Tableau VIII). Le rendement en extrait éthanolique, obtenu dans cette étude, est proche de celui rapporté par Martínez *et al.* (2025), pour le même sous produit et avec le même solvant d'extraction. Il est bien établi que l'efficacité de l'extraction dépend fortement des conditions utilisées, comme la taille des particules, le type de solvant et la technique d'extraction (Angelov *et al.*, 2015).

L'analyse des résultats du tableau xx a révélé que l'extrait éthanolique d'artichaut montre des teneurs significatives en phénols totaux (24,54 mg EAG/g MS), en flavonoïdes (7,85 mg EQ/g MS) et en tanins condensés (3,12 mg EC/g MS). Ces résultats montrent que le sous produit d'artichaut est une source prometteuse de composés bioactifs, ce qui s'aligne avec les travaux décrits par d'autres auteurs notamment Mahmoudi *et al.* (2013); Mejri *et al.*

(2020); Olas *et al.*(2021). En effet, l’artichaut contient plusieurs classes de composés phénoliques, tels que les acides caféoylquinique et leurs dérivés (acide chlorogénique et cynarine) et aux flavonoïdes comme la lutéoline et ses dérivés (Messaoudene *et al.*, 2018, Ayuso *et al.*, 2024).

Les résultats de cette étude montrent que le sous produit d’artichaut présent un profil phytochimique important en composés phénoliques qui confère non seulement une valeur nutritionnelle intéressante, mais ouvre également des perspectives d’utilisation de sous produit comme agent antioxydant naturel dans diverses formulations alimentaires.

III.1.3. Evaluation de l’activité antioxydante

L’activité antioxydante de l’extrait éthanolique d’artichaut a été évaluée par trois méthodes : l’effet scavenger du radical DPPH^{*}, le test ABTS⁺⁺ et le pouvoir réducteur du fer ferrique (FRAP). Les résultats sont rapportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX: Activité antioxydante de l’extrait éthanolique d’artichaut

DPPH (IC50 mg/ml)	FRAP (μ M ET/ g E)	ABTS (mM ET/ g E)
0,199 $\pm$ 0,02	2,419 $\pm$ 1,96	92,51 $\pm$ 0,92

Chaque valeur représente la moyenne de trois essais $\pm$ écart-type

D’après les résultats du tableau **IX**, l’extrait éthanolique du sous produit d’artichaut a montré des activités antioxydantes significatives dans les tests effectués.

L’effet anti-DPPH d’extrait d’artichaut dépend de leur concentration (dose-dépendant), un pourcentage d’inhibition de 88,68 $\pm$ 1,16 % avec une IC50 de 0,199 $\pm$ 0,02 μ g/ml sont enregistrés (Figure 06). Les travaux de Carpentieri *et al.* (2022) ont montré que l'extrait méthanolique d’artichaut présente une valeur d’IC50 de 2,4 mg/mL, ce qui est plus élevé et reflète une activité antiradicalaire plus faible par rapport aux résultats obtenus dans cette étude.

Dans le test ABTS⁺•, l'extrait d'artichaut a présenté un effet scavenger de $92,51 \pm 0,92$ (mM ET/ g E). Des valeurs comparables sont obtenues par Pandino *et al.* (2011) pour des extraits de tiges et feuilles d'artichaut, avec des résultats supérieurs à 80 mM ET/g.

La capacité réductrice de l'extrait éthanolique d'artichaut est évaluée par sa capacité à donner un électron et à réduire le fer par le test du FRAP. Les résultats montrent que le sous produit d'artichaut a réduit efficacement le fer ferrique, avec une valeur de $2,419 \pm 1,96$ μ M ET/g E. Bien que cette activité soit inférieure à celle rapportée par Masci *et al.* (2025) pour certaines variétés d'artichaut, mais supérieure à celles mesurées dans divers légumes couramment consommés, tels que la carotte (0,31 μ mol ET/g), la tomate (0,87 μ mol ET/g) ou encore l'épinard (1,89 μ mol ET/g) (Nilsson *et al.*, 2005).

De l'ensemble des résultats de la présente étude, l'extrait du sous-produit d'artichaut a exercé une grande activité antiradicalaire vis-à-vis les radicaux libres à savoir ; le radical DPPH•, le radical ABTS⁺•. Il a également présenté une importante activité réductrice du fer (FRAP). Cette activité antioxydante pourrait être due à la diversité structurale des antioxydants présents dans l'extrait d'artichaut et aux interactions entre ces composés, influençant ainsi leurs mécanismes d'action.

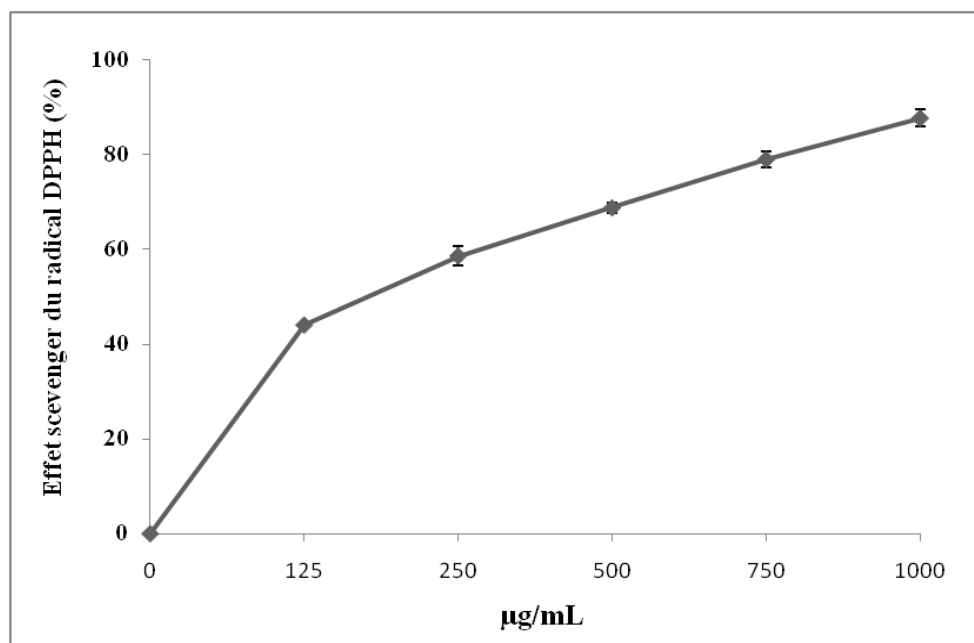


Figure 06 : Activité neutralisant le radical libre DPPH• en fonction de la concentration d'extrait d'artichaut

III.1.4. Analyse de la cytotoxicité des poudres

Selon la figure 07, la poudre de sous produit d'artichaut présente un pourcentage de l'hémolyse inférieur à 3 % pour toutes les concentrations allant de 100 µg/mL à 2000 µg/mL. Après la comparaison de ces résultats, absence d'effet hémolytique à différentes concentration comparé au contrôle. Par ailleurs, on observe une différence significative (***) par rapport au témoin (H₂O). De ce fait, l'échantillon analysé est non toxique et peut ; par conséquent ; être additionné à une denrée alimentaire.

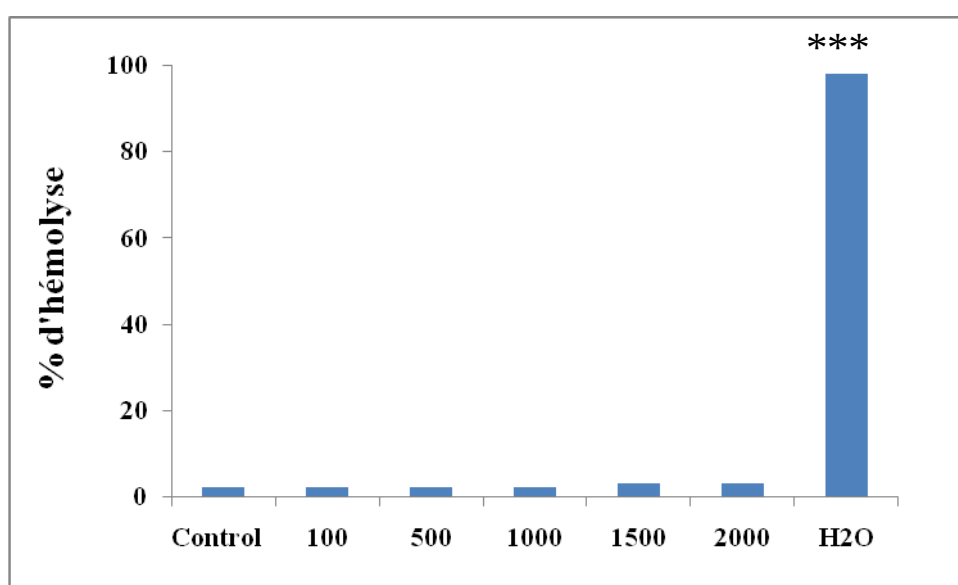


Figure 07 : Test de toxicité de la poudre d'artichaut sur les érythrocytes humains.

Les valeurs sont exprimées en moyennes $\pm$ écartype ($n=3$),

*** $P < 0,001$ indique une différence significative par rapport au témoin (eau distillée).

Les résultats obtenus rejoignent les travaux de Eldin *et al.* (2020), qui ont démontré l'innocuité des extraits de sous-produits d'artichaut, sans effet cytotoxique observé *in vitro*, même à des concentrations supérieures à 2000 µg/mL. De plus, leurs études *in vivo* sur modèle animal (rats) ont montré l'absence de toxicité même à des doses élevées. Ces données renforcent l'idée que les composés bioactifs présents dans les tiges d'artichaut, notamment les flavonoïdes, l'acide chlorogénique et les tanins condensés, sont bien tolérés par les cellules lorsqu'ils sont extraits dans des conditions appropriées.

L'absence de cytotoxicité mise en évidence dans cette étude constitue un argument essentiel en faveur de l'utilisation de cette poudre comme ingrédient fonctionnel dans une matrice alimentaire, notamment les produits laitiers frais. Elle garantit la sécurité pour le consommateur tout en valorisant un sous-produit végétal à fort potentiel nutritionnel.

III.2. Analyses des fromages enrichis par la poudre d'artichaut

III.2.1. Analyse phytochimique

➤ Phénols totaux

Les teneurs en phénols totaux (PTC) des fromages enrichis en poudre d'artichaut (PA) et fromage témoin (FT) sont rapportées dans la figure ci-dessous.

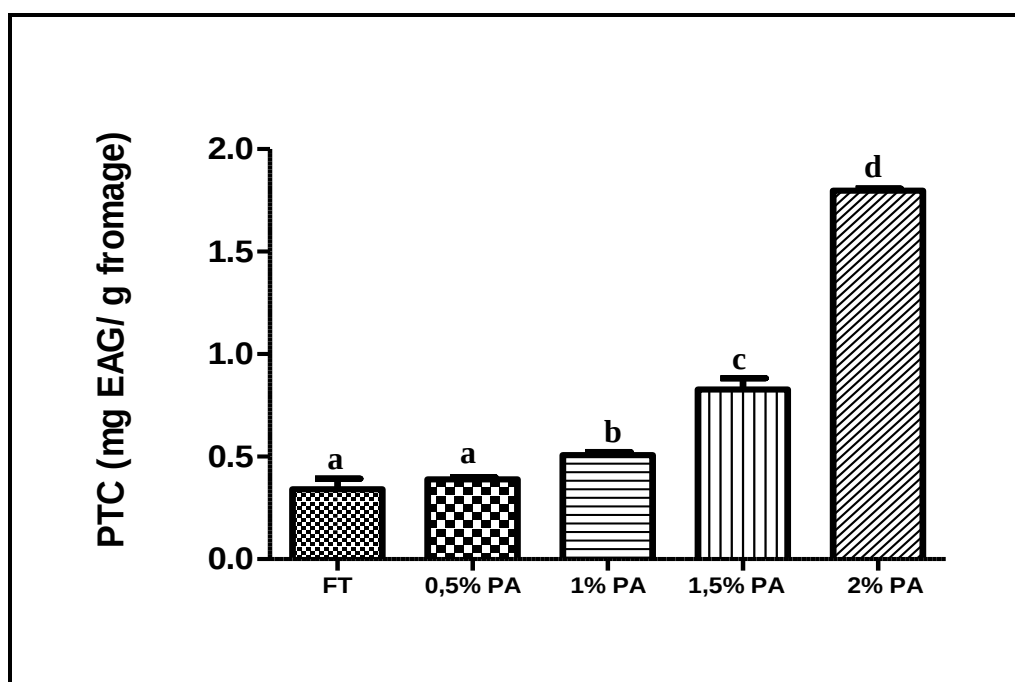


Figure 08 : Teneurs en phénols totaux des fromages enrichis en poudre d'artichaut

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.

-Les résultats avec des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0.05$, test Tukey où $a > b > c > d$)

L'analyse des résultats de la figure 08 a révélé que les teneurs en phénols totaux varient de $1,73 \pm 0,03$ à $0,34 \pm 0,05$ mg EAG/ g de fromage. Le fromage enrichi en 2% de PA est significativement ($p < 0,001$) plus riche en TPC que les autres fromages élaborés, en revanche le fromage frais (témoin) a la teneur la plus faible. Ce résultat montre que les

teneurs en polyphénols varient en fonction de la quantité de poudre additionnée, ce qui suggère que les polyphénols incorporés dans les fromages ont été par conséquent affectés. En effet, Lattanzio *et al.* (2009) ont montré la richesse des sous produits d'artichaut en composés bioactifs, notamment des polyphénols.

➤ Flavonoïdes totaux

L'évaluation des teneurs en flavonoïdes totaux à partir des différents fromages a permis de déterminer les différents teneurs données dans la figure 09.

A la première lecture des résultats, nous avons remarqué la même tendance de variation est notée en comparaison avec les teneurs en PTC où le fromage enrichi en 2% de PA est significativement ($p < 0,001$) plus riche en FTC avec $0,71 \pm 0,01$ mg EQ/g de fromage. Par ailleurs, les taux les plus faibles sont observés au niveau de fromage à 0,5% de PA et le fromage témoin ($p > 0,05$).

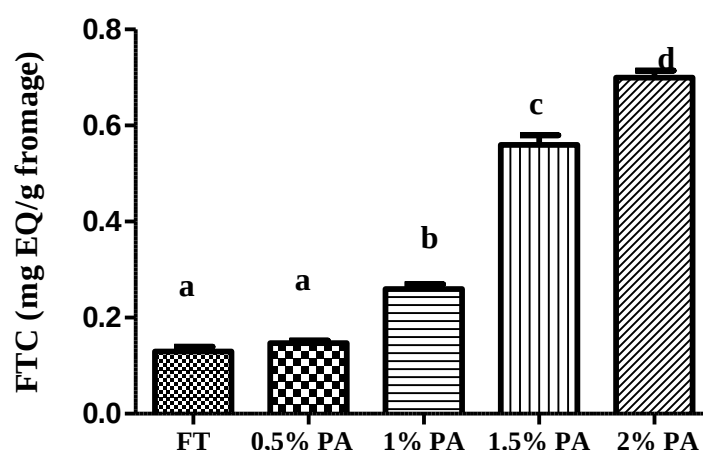


Figure 09 : Teneurs en flavonoïdes totaux des fromages enrichis en poudre d'artichaut

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.

-Les résultats avec des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0,05$, test Tukey où $a > b > c > d$)

Des travaux similaires ont été menés par Ammar *et al.* (2024), qui ont observé une augmentation significative de la teneur en flavonoïdes dans des cookies enrichis avec des tiges d'artichaut, atteignant 1,77 mg EQ/g. Cette tendance est cohérente avec nos résultats, confirmant que l'ajout de matrices végétales riches en flavonoïdes peut améliorer la qualité fonctionnelle des produits laitiers.

III.2.2. Evaluation de l'activité antioxydante du fromage frais

➤ DPPH

L'ensemble des résultats de la capacité antioxydante par le test DPPH des fromages enrichis sont illustrés dans la figure suivante :

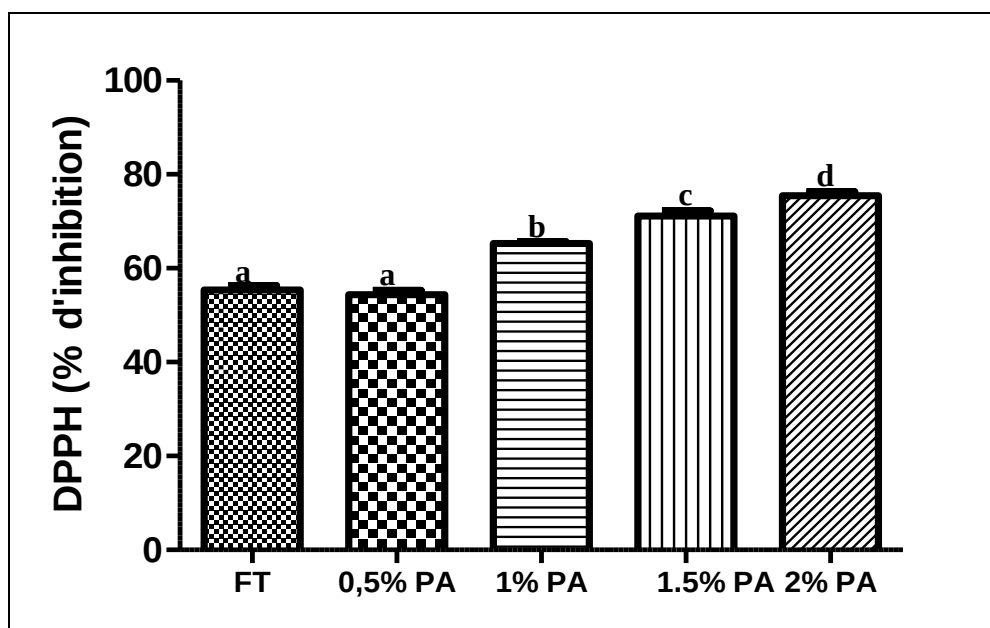


Figure 10 : Inhibition du radical DPPH^{*} des fromages enrichis en poudre d'artichaut.

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.
 -Les résultats avec des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0.05$, test Tukey où $a > b > c > d$)

L'analyse statistique a montré une augmentation de l'effet scavenger du radical DPPH en fonction de la poudre incorporée dans le fromage frais. Les meilleurs résultats ont été obtenus pour les fromages enrichis avec 2% de PA et 1,5 % de PA avec des pourcentages d'inhibitions de 75,43% et 71,15%, respectivement ; quant à eux ; le fromage témoin et fromage enrichis de 0,5% de PA ont les pouvoirs antioxydants les plus bas.

Ces résultats confirment que les composés bioactifs présents dans les tiges d'artichaut, notamment les acides phénoliques et les flavonoïdes, contribuent fortement à l'activité antioxydante du produit fini. Ces résultats sont en accord avec ceux Ammar *et al* (2024) qui ont observé une amélioration similaire de l'activité DPPH dans les cookies enrichis en tiges

d'artichaut. De même, Ferreira, (2023) ont rapporté une corrélation positive entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante dans un fromage frais enrichi en coquilles de châtaignes.

➤ ABTS

L'activité antioxydante a été également évaluée à l'aide d'un piègeur de radical ABTS^{••}, comme le montre la figure 11.

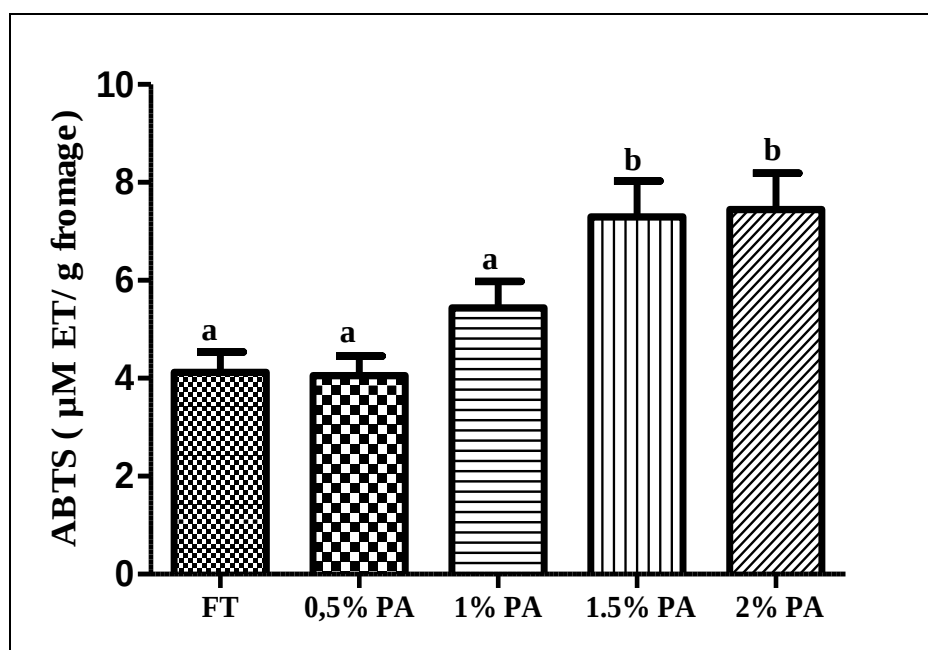


Figure 11 : Inhibition du radical ABTS^{••} des fromages enrichis en poudre d'artichaut.

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.
 -Les résultats avec des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0.05$, test Tukey où $a > b > c > d$)

Dans ce test, l'activité antiradicalaire la plus élevée est attribuée aux fromages enrichis de 2% et 1,5% de PA avec une activité supérieure à 7μM ET/ g fromage. Le fromage frais et les fromages avec 0,5% et 1% de PA ont donné des activités anti-radicalaires plus faibles ($P > 0,05$).

Ces résultats sont concordes avec les travaux de Cannas *et al.* (2024), qui ont rapporté une activité antioxydante ABTS significativement plus élevée dans des pains enrichis en tiges d'artichaut riches en composés antioxydants.

➤ FRAP

La capacité des différents fromages à réduire le fer ferrique en fer ferreux a été également analysé et les résultats sont illustrés dans la figure 12.

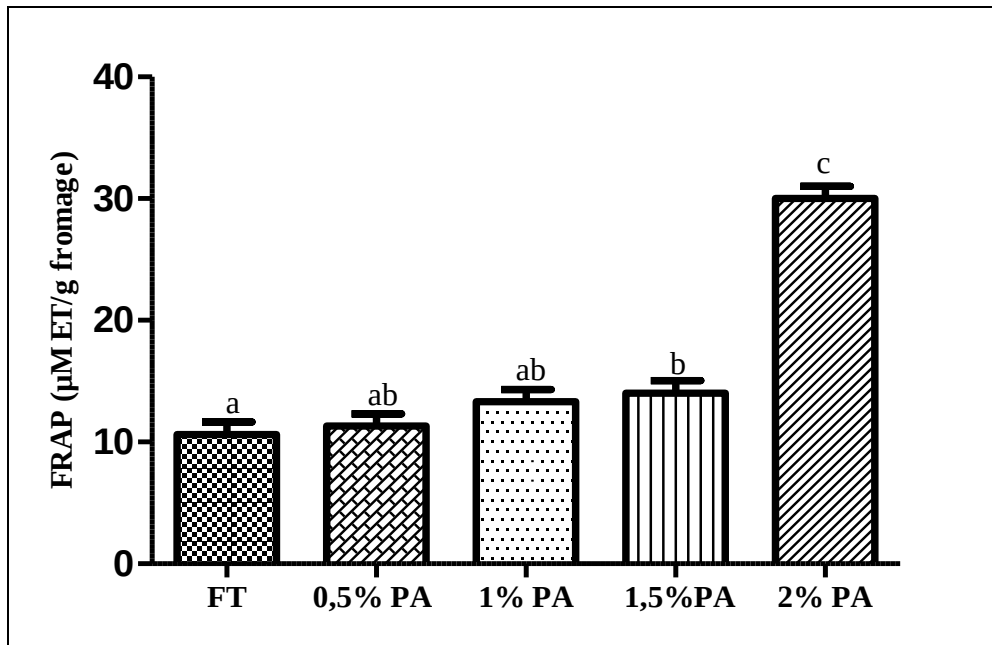


Figure 12 : Capacité réductrice (FRAP) des fromages enrichis en poudre d’artichaut.

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.

-Les résultats avec des lettres différentes sont significativement différents ($p < 0.05$, test Tukey où $a > b > c > d$)

Le fromage supplémenté en PA à 2% réduit les ions ferreux d’une manière significative ($p \leq 0,05$) par rapport au fromage témoin. Tandis que, le pouvoir réducteur de ce dernier est statistiquement similaire aux fromages enrichis en PA à 0,5% et 1%. Les résultats obtenus dans ce travail sont similaires à ceux obtenus par Lucera *et al.* (2018), qui ont enrichis des fromages à tartiner avec des poudres de sous-produits végétaux dont l’artichaut et qui ont observé une amélioration similaire de la capacité réductrice en fonction de la poudre végétale incorporée.

D’après les résultats obtenus, Il est à signaler que l’augmentation de l’activité antioxydante des fromages enrichis par la poudre d’artichaut est justifiée par la présence de molécules bioactives telles que les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tannins

(Lattanzio *et al.*, 2009 ; Masci *et al.*, 2025). Ainsi, leur présence dans la matrice fromagère enrichie explique l'augmentation de l'activité antioxydante observée.

III.2.3. Analyses physicochimiques

Le tableau X présente les résultats des analyses physico-chimiques des fromages produits après une journée d'incorporation de la poudre d'artichaut, en les comparants aux normes appliquées à la laiterie SOUMMAM.

Tableau X : Résultats d'analyses physicochimiques des fromages enrichis en poudre d'artichaut à J+1

Paramètres	FT	0,5% PA	1% PA	1,5% PA	2% PA	Normes
pH	4,5±0,02	4,5±0,12	4,48±0,04	4,48±0,01	4,48±0,02	[4,45-4,55]
Acidité titrable	115±0,02	115±0,01	114±0,04	115±0,02	115±0,01	[110-120]
EST	19,28±0,01	19,24±0,01	19,28±0,04	19,27c±0,02	19,27±0,04	[18-19,70]
MG	4,5±0,34	4,5±0,01	4,5±0,02	4,5±0,03	4,5±0,04	[4,5-5,5]

FT : Fromage frais ; PA : Poudre d'artichaut ; EST : Extrait sec total ; MS : Matière grasse.

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.

D'après les analyses des résultats obtenus, il a été constaté la conformité des paramètres physico-chimiques du fromage frais enrichis par rapport aux normes internes établies par l'entreprise.

Cette conformité témoigne du respect des critères de qualité et de sécurité alimentaire imposés dans le processus de production. Le contrôle de ces paramètres est essentiel pour garantir un produit stable et répondre aux exigences nutritionnelles et organoleptiques. Tous ces paramètres à savoir le pH, la titrabilité acide, l'extrait sec total et la matière sèche, ont été analysés tous les dix jours jusqu'à la date limite de consommation (DLC).

III.2.3. 1. Titrabilité acide et pH

L'évaluation de l'acidification du fromage frais, témoin ou enrichis en tiges d'artichaut (*Cynara scolymus* L.), a été réalisée par le suivi du pH et de l'acidité titrable durant l'ensemble de la période de conservation.

Selon le tableau **XI**, les fromages enrichis aux PA ont présenté des valeurs de pH variant entre 4,48 et 4,5 le premier jour, sans différence significative ($P > 0,05$) par rapport au fromage témoin. Une diminution modérée mais constante du pH a été enregistrée entre J+1 et la DLC, traduisant une activité fermentaire persistante. Le fromage témoin est passé d'un pH initial de 4,50 à 4,38 à la fin de conservation, les fromages enrichis ont présenté des valeurs finales comprises entre 4,48 et 4,39, selon la quantité de la poudre additionnée. Nos résultats se concordent avec les résultats de Lucera *et al.* (2018) qu'ont enregistrés des valeurs de pH de l'ordre de 4,70, lors de l'enrichissement des fromages à tartiner avec des brocolis. Cependant, El-Sayed (2020), Costa *et al.* (2018) ont trouvé des valeurs de pH (6,20-6,36) (5,29-5,87), respectivement et qui restent supérieures à celles obtenues dans le présent travail.

Tableau XI : Evolution du pH des fromages enrichis en fonction du temps

Echantillons	J+1	J+10	J+20	DLC
FT	4,5±0,02	4,46±0,05	4,42±0,04	4,38±0,02
0,5% PA	4,5±0,12	4,46±0,04	4,4±0,02	4,4±0,11
1% PA	4,48±0,04	4,45±0,11	4,41±0,01	4,38±0,03
1,5% PA	4,48±0,01	4,45±0,02	4,4±0,04	4,4±0,01
2% PA	4,48±0,02	4,47±0,01	4,42±0,02	4,39±0,05

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.

Parallèlement, l'acidité titrable mesurée (Tableau **XII**) en degrés Dornic (°D), a légèrement augmenté. Le fromage témoin est passé de 115 °D à 119 °D, et les fromages enrichis ont atteint des niveaux similaires, avoisinant les 118–119 °D. Ces résultats traduisent une acidification progressive et relativement homogène entre les différentes formulations, suggérant une stabilité fermentaire favorable malgré l'incorporation végétale.

Tableau XII : Suivre de l'acidité titrable (D°) des fromages enrichis en fonction du temps

Echantillons	J+1	J+10	J+20	DLC
FT	115±0,02	117±0,04	117±0,01	119±0,02
0,5% PA	115±0,01	117±0,02	118±0,05	118±0,02
1% PA	114±0,04	116±0,01	117±0,01	119±0,01
1,5% PA	115±0,02	117±0,01	118±0,02	118±0,04
2% PA	115±0,01	116±0,04	117±0,02	118±0,01

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.

D'après ces résultats, une corrélation inverse entre le pH et l'acidité titrable au cours de la fermentation du fromage frais enrichis a enregistré (Figure 13). En effet, lorsque le pH diminue, l'acidité augmente, ce qui est dû à une concentration croissante d'ions hydronium (H_3O^+) dans la solution (Kashket, 1987).

Ce phénomène est directement lié à l'activité métabolique des bactéries lactiques, qui fermentent les sucres en acide lactique via la voie glycolytique. Ce dernier, une fois libéré dans la matrice, libère des protons qui participent à l'acidification du milieu. Selon Wang *et al.* (2021), la conversion du lactose en acide lactique provoque une réduction notable du pH, ce qui favorise le développement de l'arôme du fromage tout en assurant sa conservation microbiologique.

La corrélation existante entre le pH et l'acidité titrable au niveau du fromage élaboré met en évidence le maintien de l'activité des bactéries lactiques tout au long de la conservation. Selon Ehsani *et al.* (2015), l'ajout de *Cynara scolymus* L. dans les produits fermentés est susceptible de stimuler la croissance et/ou l'activité de *Streptococcus thermophilus*, entraînant ainsi une acidification accrue. Toutefois, dans le présent travail, l'enrichissement en tiges d'artichaut, jusqu'à 2 %, n'a pas généré de perturbation notable dans le processus d'acidification. Cela suggère une bonne compatibilité entre les composés végétaux introduits et la flore fermentaire.

Il est probable que certains composants, notamment les fibres alimentaires et les polyphénols présents dans l'artichaut, agissent comme des agents tampon ou régulateurs de l'activité microbienne, contribuant au maintien d'un équilibre acido-basique modéré.

Ces résultats concordent avec d'autres études portant sur l'intégration de matrices végétales dans les produits laitiers, qui soulignent leur capacité à soutenir l'activité fermentaire tout en apportant des bénéfices nutritionnels supplémentaires (Mínguez *et al.*, (2024); Garbetta *et al.* , (2018).

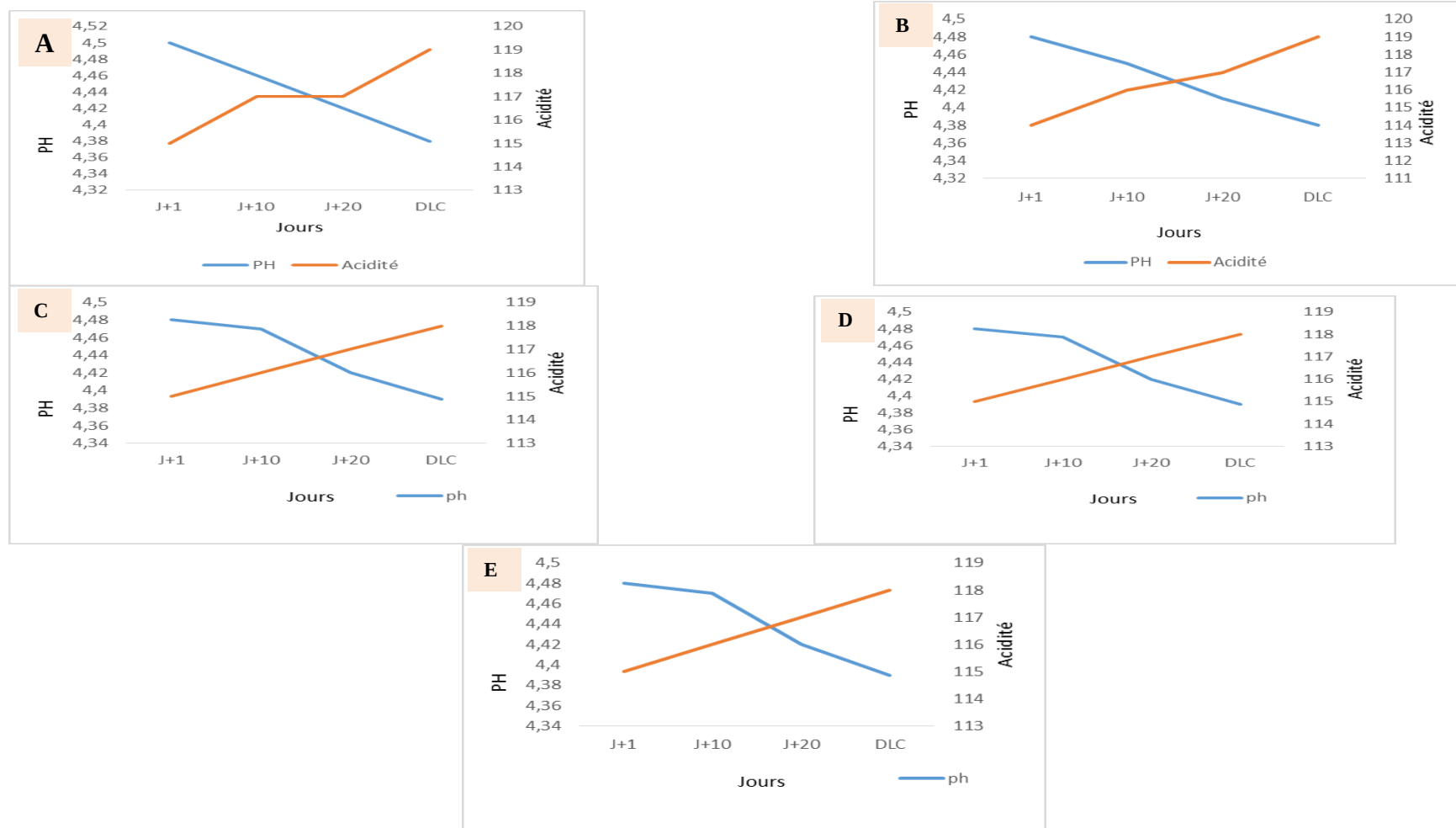


Figure 13 : Corrélation entre le pH et l'acidité titrable des fromages enrichis en fonction du temps

III.2.3. 2. Extrait sec total

La figure14 montre la variation du taux de l'extrait sec total (EST) des différents échantillons de fromages durant la période de consommation. Les résultats montrent une diminution globale des valeurs d'EST en fonction du temps dans les différents types de fromages, en particulier pour le fromage enrichi de 2% de PA et le fromage témoin. Cette baisse pourrait indiquer une modification de la composition du produit sous l'effet de facteurs physico-chimiques ou biologiques.

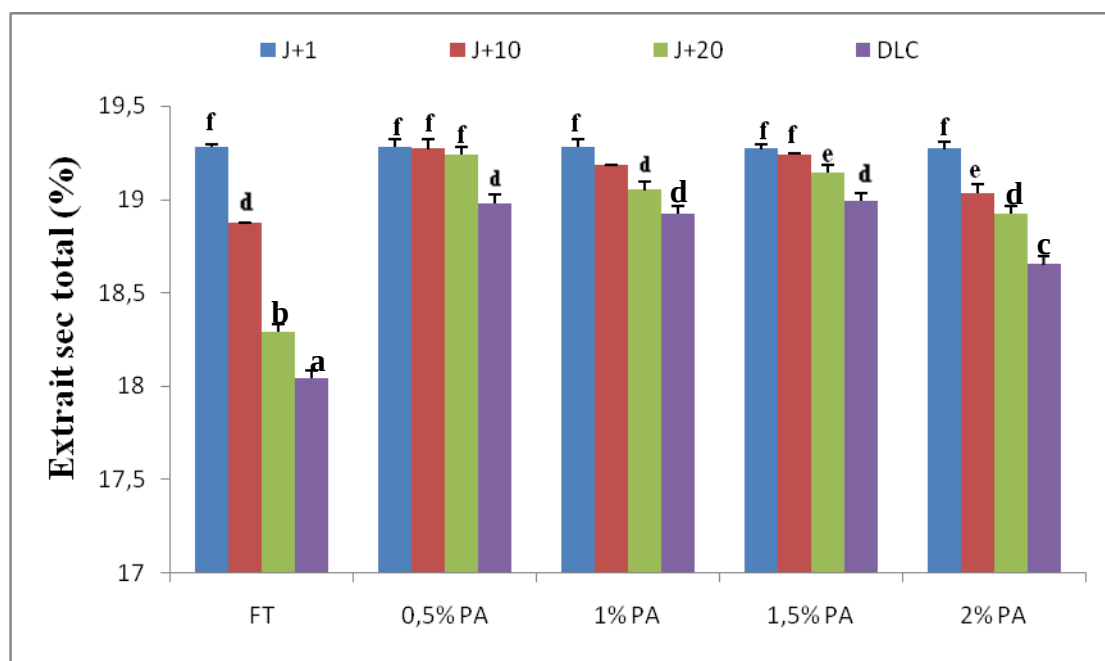


Figure 14: Evolution du taux d'extrait sec total des fromages enrichis en fonction du temps

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.

-Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \geq 0,05$).

L'analyse ANOVA n'a montré aucune différence significative ($p \geq 0,05$) du taux d'extrait sec total pour les différents types des fromages élaborés par rapport au fromage témoin, après le premier jour (Figure 14).

L'évaluation de l'effet d'incorporation de la poudre d'artichaut sur la teneur en matière sèche au cours du stockage, a montré une diminution progressive de l'extrait total sec remarquable a été observé dans le fromage enrichi avec 2% de PA et le fromage témoin, mais qui reste dans l'intervalle normatif [18,00 à 19,70 %], attestant de la conformité du produit sur l'ensemble de la durée de conservation . Toutefois cette réduction s'est avérée nettement

moins prononcée que celle observée dans le témoin, lequel présente une baisse significative. Ce comportement suggère que la poudre d'artichaut pourrait exercer une action conservatrice, révélant ainsi son potentiel en tant que agent de conservation naturel.

La diminution et l'instabilité de l'extrait sec observées dans le fromage frais peuvent être attribuées à plusieurs facteurs physico-chimiques. En premier lieu, cette variation peut résulter d'une interaction entre les composants ajoutés et la matrice fromagère, influençant la rétention d'eau et la structure du produit. Une forte teneur en humidité, amplifiée par l'incorporation de certains ingrédients enrichissants, pourrait favoriser une libération progressive d'eau, entraînant une diminution du taux d'extrait sec pendant la durée de stockage (Ferreira *et al.* ,2024)

III.2.3. 3. Matière Grasse

La teneur en matière grasse, mesurée à 4.5, est demeurée constante tout au long de la période d'analyse, depuis le premier jour jusqu'à la date limite de consommation (DLC). Les résultats obtenus sont représentés dans l'histogramme ci-dessous.

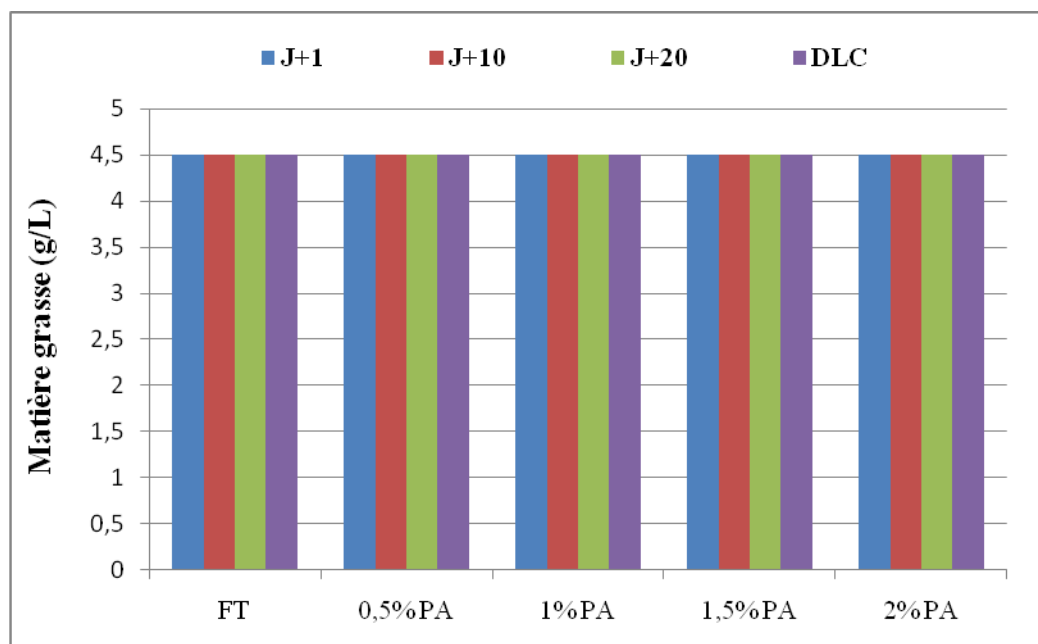


Figure15 : Evolution du taux de la matière grasse des fromages enrichis en fonction du temps

-Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec $\pm$ l'écart-type.

-Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \geq 0,05$).

Selon Cannas *et al.* (2018), l'ajout de sous-produits sous forme de poudre n'a pas engendré de variation significative de la teneur en matières grasses des produits finis, les

valeurs observées n'affichant aucune différence statistiquement significative entre les formulations ($P < 0,05$).

Le taux de matière grasse a été analysé à intervalles réguliers, du jour 1 jusqu'à la DLC, pour l'ensemble des échantillons. Les résultats montrent une stabilité parfaite, avec une teneur constante de 4,5 % dans toutes les formulations (témoin et échantillons enrichis à 0,5%, 1%, 1,5 % et 2 %) et à tous les stades du stockage.

Cette invariabilité du taux de matière grasse confirme que l'incorporation des tiges d'artichaut, même à hauteur de 2 %, n'a eu aucun effet sur la fraction lipidique du fromage frais. Cela s'explique par le fait que les préparations végétales utilisées sont naturellement pauvres en lipides, et qu'elles ont été intégrées en quantité relativement faible.

Des résultats analogues ont été rapportés dans des travaux antérieurs ayant exploré l'enrichissement des matrices laitières avec des fibres ou extraits végétaux pauvres en lipides confirmant que ces apports végétaux n'induisent pas de dilution ou de perte lipidique mesurable dans le produit fini (Costa., 2018 ; Ferreira., 2023; Karam-Allah *et al.*, 2024 ; Pacifico., 2024). Cette constance représente un avantage majeur dans la perspective d'un développement de fromage fonctionnel à profil nutritionnel maîtrisé.

III.2.4. Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la préparation alimentaire et le fromage frais sont présentés dans le tableau **XIII** et **XIV**.

Les analyses microbiologiques menées au premier jour (Tableau **XIII**) ont porté sur quatre groupes de micro-organismes : coliformes totaux, coliformes fécaux, levures et moisissures. Aucun germe n'a été détecté dans la préparation végétale ni dans les différentes formulations de fromage frais (témoin et enrichis à 0,5 %, 1 %, 1,5 % et 2 %). Tous les résultats se situent en dessous des seuils réglementaires, avec une absence totale de coliformes (totaux et fécaux), de levures et moisissures, ainsi que des germes totaux, conformément aux normes (≤ 100 UFC/g).

Tableau XIII :Résultats des analyses microbiologiques des fromages élaborés à J+1

Paramètres	Préparation végétale	FT	0,5% PA	1% PA	1,5% PA	2% PA	Normes
Coliformes totaux	abs	abs	abs	abs	abs	abs	<10
Coliformes fécaux	abs	abs	abs	abs	abs	abs	<1
Levure et moisissure	abs	abs	abs	abs	abs	abs	abs
Germes totaux	abs	abs	abs	abs	abs	abs	≤100

Ces résultats traduisent une excellente maîtrise des conditions d'hygiène lors de la préparation de la matrice végétale ainsi que lors de la fabrication des fromages. L'absence de contamination dans la préparation alimentaire démontre que les tiges d'artichaut ont été correctement traitées (lavage, séchage, broyage et tamisage) avant leur incorporation. Leur ajout n'a donc pas compromis la qualité sanitaire du produit fini, ce qui représente un enjeu fondamental dans l'élaboration de nouveaux aliments enrichis à partir de coproduits végétaux. Ces résultats confirment aussi l'efficacité du procès de fabrication et d'ensemencement du fromage frais.

L'analyse microbiologique des différentes formulations (témoin et enrichie à 0,5 %, 1 %, 1,5 % et 2 % de tiges d'artichaut) a été réalisée à plusieurs étapes (J+1, J+10, J+20 et DLC) sur les paramètres suivants : coliformes totaux, coliformes fécaux, levures et moisissures. Pour l'ensemble des échantillons, aucune contamination n'a été détectée à aucun moment du stockage. Tous les résultats sont restés strictement inférieurs aux seuils

réglementaires, avec une absence totale de croissance ou de germes indésirables pendant toute la durée de conservation.

Tableau XIV :Résultats des analyses microbiologiques des fromages élaborés à la DLC

paramètre	Préparation végétal	témoin	0.5%	1%	1.5%	2%	normes
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	1
Levure et moisissure	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	ABS

L'absence persistante de contaminants microbiens au cours du stockage témoigne d'une maîtrise rigoureuse des conditions d'hygiène et de fabrication, tant au niveau de la préparation végétale que de la transformation fromagère. L'incorporation de tiges d'artichaut, bien qu'issue d'une matrice végétale potentiellement sensible, n'a pas compromis la sécurité microbiologique du fromage, même à la dose maximale de 2 %. De plus, les propriétés antimicrobiennes des tiges (Composés phénoliques), pourraient avoir contribué à empêcher le développement microbien. Ces observations confortent la faisabilité de l'enrichissement végétal dans une perspective de développement produit, tout en respectant les exigences de sécurité alimentaire.

III.2.5. Analyses sensorielle

Une analyse sensorielle a été réalisée au jour + 1 afin d'évaluer l'impact de l'incorporation des tiges d'artichaut sur les propriétés organoleptiques du fromage frais. Un panel de dix expert dégustateurs a été mobilisé pour examiner un ensemble de dix descripteurs sensoriels : *couleur, odeur, aspect, arôme, apparence, saveur, arrière-goût, texture en bouche, tartinabilité et consistance.*

L'évaluation s'est appuyée sur une échelle hédonique de 1 à 9 (1: très faible appréciation / 9 : appréciation maximale). Les différentes formulations testées incluaient un témoin (sans ajout) et des échantillons enrichis à 0,5 %, 1 %, 1,5 % et 2 % de tiges d'artichaut. Selon les premières observations, les formulations à 1,5 % et 2 % ont obtenu les meilleures appréciations par les experts (Tableau **XV**), suggérant une amélioration perçue de la saveur du produit avec un certain niveau d'enrichissement végétal.

L'ajout de tiges d'artichaut semble conférer une valeur sensorielle appréciable, notamment en ce qui concerne le goût et, possiblement, l'arôme ou la persistance en bouche. Cela pourrait être attribué à la présence de composés aromatiques naturels dans les tiges qui favorisent une interaction favorable avec la matrice lactique. Ce résultat encourageant suggère que l'enrichissement végétal n'induit pas un rejet sensoriel au contraire, il pourrait participer à l'amélioration du profil organoleptique.

Tableau XV : Analyses sensorielles des fromages enrichis

	Couleur	Odeur	Aspect	Arome	Apparence	Saveur	Arrière-gout	Texture en bouche	tartinabilité	consistance	Préférence général
FT	1±0.00	1,4± 0.00	3,6± 0.192	1,8± 0.288	3,6±0.272	3±0.0	4,4±0.176	3,8±0.0	2±0.0	3,8±0.0	6,6± 0.288
0,5% PA	1,4±0.2	1,2±0.1	3,6±0.2	2,4±0.225	3,8±0.3	3±0.0	4,2±0.175	4±0.1	2±0.0	3,8±0.0	6±0.35
1%PA	1,4±0.15	1,4± 0.1	3,2±0.0	2,4±0.0	3±0.1	3±0.0	4,6±0 .1	3,6±0.15	2±0.0	3,8±0.0	6,6±0.1
1,5% PA	1,4±0.17	1,2± 0.08	3,6±0.178	1,8±0.267	3,6±0.22	3±0.0	4,6±0.08	4±0.08	2±0.0	3,8±0.0	7,2±0.22
2% PA	1,4±0.128	1,2± 0.096	3,2±0.0	2,4±0.0	3,2±0	3±0.0	4,8±0.0	3,6±0.16	2±0.0	3,8±0.0	6,8±0.0

Toutes les valeurs sont exprimées par moyenne de trois essais avec ± l'écart-type.

Conclusion

Conclusion

Le présent travail s'inscrit dans une initiative visant à valoriser les sous-produits agroalimentaires, en mettant particulièrement l'accent sur les sous produits d'artichaut (tiges) cultivé en Algérie, comme une nouvelle source alternative d'antioxydants végétales, utilisées pour enrichir le fromage frais. Dans ce cadre, des analyses physicochimiques, phytochimiques, microbiologiques et sensorielles ont été menées au cours du stockage des fromages, afin d'évaluer la valeur nutritionnelle et organoleptiques de cet ingrédient végétal, longtemps considéré comme un déchet.

Les résultats de cette étude montrent que le sous produit d'artichaut présent un profil phytochimique important en phénols totaux (24,54 mg EAG/g MS), en flavonoïdes (7,85 mg EQ/g MS) et en tanins condensés (3,12 mg EC/g MS), qui confère non seulement une valeur nutritionnelle intéressante, mais ouvre également des perspectives d'utilisation de sous produit comme agent antioxydant naturel dans diverses formulations alimentaires. L'activité antioxydante de l'extrait éthanolique d'artichaut a montré un effet scavenger important contre le radical DPPH (0,199mg/mL) et ABTS (92,51 Mm ET/ g E) et un pouvoir réducteur du fer ferrique (FRAP) de 2,419 μ M ET/ g E). En plus, les tiges d'artichaut étudiées se sont avérées riches en cendres (10,02%), en protéines (4,60 %) et en matière sèche (92,37 %). Ces composés peuvent contribuer aux propriétés nutritionnelles et antioxydantes du produit fini et peuvent avoir des effets bénéfiques pour la santé.

L'étude physico-chimique du fromage enrichi a révélé des résultats satisfaisants, en conformité avec les normes de qualité établies par l'entreprise partenaire. L'analyse phytochimique révèle que la teneur en composés phénoliques varie en fonction de la quantité de poudre additionnée, ce qui suggère que les polyphénols incorporés dans les fromages ont été par conséquent affectés. En effet, le fromage enrichis en 2% de PA est significativement ($p < 0,001$) plus riche en TPC et FTC. L'activité antiradicalaire la plus élevée est attribuée aux fromages enrichis de 2% et 1,5% de PA, avec des pourcentages d'inhibitions de 75,43% et 71,15% pour le test DPPH et une activité supérieure à 7 μ M ET/ g fromage pour le test ABTS. Le fromage enrichis de 2% de PA a montré une meilleure activité réductrice par le test FRAP (30,01 μ M ET/ g fromage). Par ailleurs, les résultats microbiologiques obtenus, tant sur le produit fini que sur la préparation alimentaire, ont démontré, une stabilité microbiologique

jusqu'à la date limite de consommation, attestant du bon respect des bonnes pratiques d'hygiène durant les différentes étapes de production.

L'évaluation sensorielle a révélé une bonne appréciation globale du produit, confirmant la bonne acceptabilité organoleptique du fromage frais enrichi en poudre de tiges d'artichaut.

En perspective, des études complémentaires pourraient être menées sur la poudre d'artichaut et sur le produit fini afin d'évaluer un profil nutritionnel plus complet, incluant la teneur en vitamines, en fibres et en sucres. Il serait possible de mieux comprendre comment optimiser l'incorporation de la poudre d'artichaut dans les fromages tout en préservant leurs propriétés fonctionnelles et sensorielles. Des études futures plus approfondies pourront explorer davantage les descripteurs sensoriels spécifiques, déterminant ainsi les combinaisons optimales de la poudre d'artichaut et des techniques de transformation pour créer des fromages uniques et appétissants, étendre cette étude à d'autres produits laitiers permettrait de diversifier les applications de cette poudre fonctionnelle et évaluer les interactions technologiques dans différents environnements.

Références bibliographique

Référence bibliographiques

A

Abd El Galeel, A.A.A., El Zahar, K.M. (2018). Production of White Soft Cheese Fortified with Natural Antioxidants as A Functional Dairy food, Zagazig. Journal of Agricultural Research. 45 (2), 637-656.

AFNOR, (1980). De la qualité des produits laitiers-analyses physico-chimique.

AFNOR, (1999). Lait et produits laitiers. Tome 1: 147p.

Ammar A.S., Riyad Y.M., Ebrahiem A.A. (2024). Utilization of artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-products for enhancing nutritional value and phytochemical content of cookies. Food systems. 7(3): 438-443.

Angelov, G., Georgieva, S., Boyadzhieva, S., & Boyadzhiev, L. (2015). Optimizing the extraction of globe artichoke wastes. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences. 68(10): 1303–1310.

Ayuso, P., Quizhpe, J., De Los Ángeles Rosell, M., Peñalver, R., Nieto, G. (2024). Antioxidant and Nutritional Potential of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) By-Product Extracts in Fat-Replaced Beef Burgers with Hydrogel Emulsions from Olive Oil. Applied Sciences. 14(22).

Awad, O. M. E., El-Sohaimy, S. A., Ghareeb, D. A., Aboulenein, A., Saleh, S. R., & El-Aziz, N. M. A. (2019). Phytochemical analysis and toxicity assessment of artichoke by-product extract. Pakistan Journal of Biological Sciences. 23(1):81–91. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.81.91>.

B

Bahrour, T., Luximon-Ramma, A., Crozier, A & Aruoma, O.L. (1996). Total Phenolic, Flavonoid, Proanthocyanidin and Vitamine C Levels and Antioxidant Activities of Mauritian Vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture. 11, 1086-1089.

Bakchiche, B., Habati, M., Benmebarek, A., Gherib, A. (2017). Caractéristiques physico-chimiques, concentrations en composés phénoliques et pouvoir antioxydant de quatre variétés de miels locales (Algérie). Revue Marocaine des sciences agronomiques et vétérinaires. 6(1) : 118-123.

Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2005). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. 99(1), 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>.

Benkhoud, H., Baâti, T., Njim, L., Selmi, S., & Hosni, K. (2020). Antioxidant, antidiabetic, and antihyperlipidemic activities of wheat flour-based chips incorporated with omega-3-rich

fish oil and artichoke powder. *Journal of Food Biochemistry*, 45(3). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13297>

Boubaker, M., EL Omri, A., Blecker, C., Bouzouita, N. (2016). Fiber concentrates from artichoke (*Cynara scolymus* L.) stem by-products: Characterization and application as a bakery product ingredient, *Food Science and Technology International*. 22(08), 759–768.

Borsini, A. A., Llavata, B., Umaña, M., Cárcel, J. A. (2021). Artichoke by products as a source of antioxidant and fiber: How it can be affected by drying temperature. *Foods*. 10(2): 459. <https://doi.org/10.3390/foods10020459>

Boumerfeg, S., Baghiani, A., Djarmouni, M., Ameni, D., Adjadj, M., et al. (2012). Inhibitory Activity on Xanthine Oxidase and Antioxidant Properties of *Teucrium polium* L. Extracts. *Chinese Medicine*. 3(1): 30-41.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72: 248-254.

C

Cannas, M., Conte, P., Piga, A., & Del Caro, A. (2024). Artichoke By-Product Extracts as a Viable Alternative for Shelf-Life Extension of Breadsticks. *Foods*. 13(16): 2639. <https://doi.org/10.3390/foods13162639>.

Canale, M., Spina, A., Summo, C., Strano, M. C., Bizzini, M., Allegra, M., Sanfilippo, R., Amenta, M., & Pasqualone, A. (2022). Waste from Artichoke Processing Industry: Reuse in Bread-Making and Evaluation of the Physico-Chemical Characteristics of the Final Product. *Plants*. 11(24): 3409. <https://doi.org/10.3390/plants11243409>.

Caponio, F., Piga, A., Poiana, M. (2022). Valorization of Food Processing By-Products. *Foods*. 11(20): 3246. <https://doi.org/10.3390/foods11203246>.

Carpentieri, S., Augimeri, G., Ceramella, J., Vivacqua, A., Sinicropi, M. S., Pataro, G., Bonofiglio, D., & Ferrari, G. (2022). Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects of Extracts from Pulsed Electric Field-Treated Artichoke By-Products in Lipopolysaccharide-Stimulated Human THP-1 Macrophages. *Foods*. 11(15): 2250. <https://doi.org/10.3390/foods11152250>.

Ceccarelli, N., Curadi, M., Picciarelli, P., Martelloni, L., Sbrana, C., & Giovannetti, M. (2010). Globe artichoke as a functional food. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 3(3): 197–201. <https://doi.org/10.1007/s12349-010-0021-z>.

Colombo, R., Moretto, G., Pellicorio, V., Papetti, A. (2024). Globe Artichoke (*Cynara scolymus* L.) By-Products in Food Applications: Functional and Biological Properties. *Foods*. 13(10): 1427. <https://doi.org/10.3390/foods13101427>

Costa, C., Lucera, A., Marinelli, V., Del Nobile, M. A., & Conte, A. (2018). Influence of different by-products addition on sensory and physicochemical aspects of Primosale cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4174–4183. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3347-z>

Cui, N., Hu, M., & Khalil, R. A. (2017). Biochemical and Biological Attributes of Matrix Metalloproteinases. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*. 147: 1–73. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2017.02.005>.

D

De Falco, B., Incerti, G., Amato, M., Lanzotti, V. (2015). Artichoke: botanical, agronomical, phytochemical, and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*. 14(6) : 993–1018. <https://doi.org/10.1007/s11101-015-9428-y>.

E

Eck, A., & Gillis, J. (1997). *Le fromage : de la science à l'assurance-qualité*. Tec & Doc Lavoisier.

Ehsani, J., Mortazavian, A. M., Khomeiri, M., & Nejad, A. G. (2015). Effects of artichoke (*Cynara scolymus* L.) extract addition on microbiological and physico-chemical properties of probiotic yogurt. *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*. 4(6): 536–541. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.6.536-541>.

El-Ghareep, A. M., Othman, M. A., Fahmy, H. M., & Mahmoud, S. A. (2024). Assessment Quality of Instant Vegetables Soup Fortified with Artichoke Powder. *Deleted Journal*. 49(2): 23-33. <https://doi.org/10.21608/ajar.2024.315517.1375>.

EL-Kashket, E. R. (1987). Bioenergetics of lactic acid bacteria: cytoplasmic pH and osmotolerance. *FEMS Microbiology Letters*. 46(3):233–244. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1987.tb02463.x>.

El-Sayed, S. M., Salama, H. H., & El-Sayed, M. M. (2020). Function processed cheese sauce fortified with peanut butter. *Journal of Food Processing and Preservation*. 44(9):1665–1678. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14656>.

F

Ferreira, S. M., Matos, L. C., & Santos, L. (2023). Harnessing the potential of chestnut shell extract to enhance fresh cheese: a sustainable approach for nutritional enrichment and shelf-life extension. *Journal of Food Measurement & Characterization*. 18(2): 1559–1573. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02260-5>.

G

Gil-Martínez, L., De La Torre-Ramírez, J. M., Martínez-López, S., Ayuso-García, L. M., Dellapina, G., Poli, G., Verardo, V., & Gómez-Caravaca, A. M. (2025). Green Extraction of Phenolic Compounds from Artichoke By-Products: Pilot-Scale Comparison of Ultrasound, Microwave, and Combined Methods with Pectinase Pre-Treatment. *Antioxidants*. 14(4) : 423. <https://doi.org/10.3390/antiox14040423>.

Goetz, P., Jeune, R. L. (2007). Artichaut, *Cynara scolymus*. *Phytothérapie*. 5(4) : 219–222. <https://doi.org/10.1007/s10298-007-0256-0>.

Gominho, J., Curt, M. D., Lourenço, A., Fernández, J., Pereira, H. (2018). *Cynara cardunculus* L. as a biomass and multi-purpose crop: A review of 30 years of research. *Biomass and Bioenergy*. 1(09): 257–275. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.01.001>

Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2004). Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *Journal of Food Engineering*. 66(1): 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.031>

H

Herch, J., Koyuncu, I., & Ebrahimi, A. (2014). Crude at Estimation By Exhaustive Extraction With Petroleum Ether Using Soxhlet Apparatus. *Journal Of Food Science and Technology*, 51(12): 3777-3780.

J

Jiménez-Moreno, N., Cimminelli, M.J., Volpe, F., Ansó, R., Esparza, I., Mármol, I., Rodríguez-Yoldi, M.J., & Ancín-Azpilicueta, C. (2019). Phenolic Composition Of Artichoke Waste And its Antioxidant Capacity On Differentiated Caco-2 Cells. *Nutrients*, 11(8) : 1723. <https://doi.org/10.3390/nu1108172>.

K

Kähöknen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., Heinonen, M. (1999). Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10): 3954–3962.

Kholif, A.M.M., Karam-Allah, A.A., Mohamed, D.M., . (2024). Effect of Thyme Extract on Antioxidant, Antimicrobial Properties and Nutritional Value of White Soft Cheese, *Egyptian Journal of Chemistry*, 67 (8) : 609 – 621.

<https://doi.org/10.21608/ejchem.2024.263554.9201>.

L

Lapointe-Vignola, C., & De Technologie Laitière Du Québec, F. (2002). *Science et technologie du lait : transformation du lait*. Presses inter Polytechnique.

Lattanzio, V., Kroon, P. A., Linsalata, V., Cardinali, A. (2009). Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*, 1(2): 131–144. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.01.002>.

López-Molina, D., Navarro-Martínez, M. D., Rojas-Melgarejo, F., Hiner, A. N., Chazarra, S., & Rodríguez-López, J. N. (2005). Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Phytochemistry*, 66(12): 1476–1484. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.04.003>.

Liu, Z., De Souza, T. S. P., Holland, B., Dunshea, F., Barrow, C., Suleria, H. a. R. (2023). Valorization of food waste to produce Value-Added Products based on its bioactive compounds. *Processes*, 11(3) : 840. <https://doi.org/10.3390/pr11030840>.

Lucera, A., Costa, C., Marinelli, V., Saccotelli, M. A., Del Nobile, M. A., Conte, A. (2018). Fruit and Vegetable By-Products to fortify spreadable cheese. *Antioxidants*, 7(61):2-10 . <https://doi.org/10.3390/antiox7050061>.

Lutz, M., Henriquez, C., Escobar, M. (2010). Chemical composition and antioxidant properties of mature and baby artichokes (*Cynara scolymus* L.), raw and cooked. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1):49-54.

M

Mahmoudi, S., Khali, M., & Mahmoudi, N. (2013). Étude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.), Nature & Technologie. (9) :35-40.

Masci, V. L., Mezzani, I., Alicandri, E., Tomassi, W., Paolacci, A. R., Covino, S., Vinciguerra, V., Catalani, E., Cervia, D., Ciaffi, M., Garzoli, S., & Ovidi, E. (2025). The Role of Extracts of Edible Parts and Production Wastes of Globe Artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* L.) in Counteracting Oxidative Stress. Antioxidants. 14(1) :116. <https://doi.org/10.3390/antiox14010116>.

Matsumoto, T., Nakashima, S., Nakamura, S., Hattori, Y., Ando, T., & Matsuda, H. (2021). Inhibitory effects of cynaropicrin and related sesquiterpene lactones from leaves of artichoke (*Cynara scolymus* L.) on induction of iNOS in RAW264.7 cells and its high-affinity proteins. Journal of Natural Medicines, 75(2) : 381–392. <https://doi.org/10.1007/s11418-020-01479-6>.

Mejri, F., Baati, T., Martins, A., Selmi, S., Serralheiro, M. L., Falé, P. L., Rauter, A., Casabianca, H., & Hosni, K. (2020). Phytochemical Analysis And in Vitro and in Vivo Evaluation of Biological Activities of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) floral stems: Towards the valorization of food by-products. Food Chemistry. 33(3): 127-506. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127506>.

Messaoudene, L., Lovillo, M. P., Hazzit, M., & Djebbar, R. (2018). Optimization of phenolic compounds extraction conditions from artichoke (*Cynara scolymus* L.): Antioxidant activity and comparison between Folin-Ciocalteu and UV methods for total phenolic content quantification. Annals. Food Science and Technology, 25(2): 84–94.

Mujumdar, A. S. (Ed.). (2014). Handbook of Industrial Drying (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17208>.

Muñoz-Bas, C., Muñoz-Tebar, N., Viuda-Martos, M., Sayas-Barberá, E., Pérez-Alvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2024). Application of date-coproducts for the fortification of fresh goat cheese: effect on their nutritional, technological, physicochemical, microstructural, microbiological and sensory properties. Applied Food Research. 4(2): 100619. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100619>.

N

Nilsson, J., Pillai, D., Önning, G., Persson, C., Nilsson, Å., & Åkesson, B. (2005). Comparison of the 2,2'-azinobis-3-ethylbenzotiazole-6-sulfonic acid (ABTS) and ferric reducing anti-oxidant power (FRAP) methods to assess the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. *Molecular Nutrition & Food Research*, 49(3): 239–246. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200400083>.

Noriega-Rodríguez, D., Soto-Maldonado, C., Torres-Alarcón, C., Pastrana-Castro, L., Weinstein-Oppenheimer, C., & Zúñiga-Hansen, M. E. (2020). Valorization of Globe Artichoke (*Cynara scolymus*) Agro-Industrial Discards, Obtaining an Extract with a Selective Effect on Viability of Cancer Cell Lines. *Processes*, 8(6), 715. <https://doi.org/10.3390/pr8060715>

O

Olas, B. (2024). An Overview of the Versatility of the Parts of the Globe Artichoke (*Cynara scolymus* L.), Its By-Products and Dietary Supplements. *Nutrients*, 16(5): 599. <https://doi.org/10.3390/nu16050599>.

P

Pacifico, S., Caputo, E., Piccolella, S., & Mandrich, L. (2024). Exploring new Fruit- and Vegetable-Derived Rennet for cheese making. *Applied Sciences*, 14(6): 2257. <https://doi.org/10.3390/app14062257>.

Pandino, G., Lombardo, S., Lo Monaco, A., & Mauromicale, G. (2013). Variation Of Polyphenols Profile In Globe Artichoke Capitulum During Harvest Time. *Acta Horticulturae*, 983, 407–413. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.983.59>.

Pandino, G., Lombardo, S., Mauromicale, G., & Williamson, G. (2010). Phenolic Acids And Flavonoids In Leaf And Floral Stem Of Cultivated And Wild *Cynara Cardunculus* L. genotypes. *Food Chemistry*. 126 (2): 417–422. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.001>.

Pagano, I., Piccinelli, A. L., Celano, R., Campone, L., Gazzarro, P., De Falco, E., & Rastrelli, L. (2016). Chemical profile and cellular antioxidant activity of artichoke by-products. *Food & Function*, 7(12), 4841–4850. <https://doi.org/10.1039/c6fo01443g>

R

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-evans, C. (1999). Antioxidant Activity Applying An Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay, *Free Radical Biology and Medicine*. 26 (9-10): 1231–1237.

Romani, A., Pinelli, P., Cantini, C., Cimato, A., & Heimler, D. (2006). Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Food Chemistry*, 95(2), 221–225. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.013>.

Rondanelli, M., Monteferrario, F., Perna, S., Faliva, M.A., & Opizzi, A. (2013). Health-Promoting Properties of Artichoke in Preventing Cardiovascular Disease By Its Lipidic and Glycemic-Reducing Action. *Monaldi Archives for Chest Disease*, 80(1):17–26. <https://doi.org/10.4081/monaldi.2013.87>.

S

Salem, M. B., Affes, H., Ksouda, K., Dhouibi, R., Sahnoun, Z., Hammami, S., Zeghal, K. M. (2015). Pharmacological studies of artichoke leaf extract and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(4), 441–453. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0503-8>.

Salem, M. B., Affes, H., Athmouni, K., Ksouda, K., Dhouibi, R., Sahnoun, Z., Hammami, S., & Zeghal, K. M. (2017). Chemicals Compositions, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity of *Cynara scolymus* Leaves Extracts, and Analysis of Major Bioactive Polyphenols by HPLC. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2017(1) 4951937. . <https://doi.org/10.1155/2017/4951937>

Schuck, P., Mahaut, M., Jeantet, R., & Brulé, G. (2000). Les produits industriels laitiers. <https://hal.science/hal-01454469v1>.

Scriban, R. (1999). *Biotechnologie* (5e éd.). Paris : Tec & Doc – Lavoisier. ISBN : 978-2-7430-0309-8.

Shallan, M. A., Ali, M. A., Meshrf, W. A., & Marrez, D. A. (2020). In vitro antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) bracts and receptacles ethanolic extract. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101774. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101774>

Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2013). Introduction to Food Engineering (5th ed.). Academic Press

Sun, B., Ricardo-da-Silva, J. M., & Spranger, I. (1998). Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**(10), 4267–4274. <https://doi.org/10.1021/jf980366j>.

U

Ulloa, J., Pérez, M., Ettiene, G., & Briñez, W. (2024). Physicochemical, microbiological, and sensory characterization of fresh cheese made with the Amazonian plants *Mansoa alliacea* and *Eryngium foetidum* in Pastaza, Ecuador. *Revista De La Facultad De Agronomía*, **41**(2), e244113. [https://doi.org/10.47280/revfacagron\(luz\).v41.n2.03](https://doi.org/10.47280/revfacagron(luz).v41.n2.03).

W

Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. **9**: 612285. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>.

Z

Zainoldin, K.H., Baba, A.S. (2009). The Effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus Undatus* on Physicochemical, Proteolysis, and Antioxidant Activity in Yogurt, *World Academy of Science, Engineering and Technology*. **3**(12): 1-6.

Zeaiter, Z., Regonesi, M. E., Cavini, S., Labra, M., Sello, G., & Di Gennaro, P. (2019). Extraction and Characterization of Inulin-Type Fructans from Artichoke Wastes and Their Effect on the Growth of Intestinal Bacteria Associated with Health. *BioMed Research International*, **2019**, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2019/1083952>.

Annexes

Annexes

Annexe 1: Présentation de la laiterie Soummam

La Laiterie Soummam est une entreprise agroalimentaire algérienne spécialisée dans la production de produits laitiers. Fondée en 1993 par la famille Hamitouche à Akbou, wilaya de Bejaia. Elle est aujourd'hui un acteur majeur du secteur agroalimentaire en Algérie.

Présentation de la Laiterie Soummam

- **Historique et évolution**

Depuis sa création, Soummam a connu une croissance constante grâce à son esprit d'innovation. En **2000**, elle a lancé un nouveau site de production équipé de technologies modernes répondant aux normes internationales. En 2011, elle est devenue le premier producteur de yaourt en Algérie avec 42 % de part de marché.

- **Activités et production**

Soummam offre **la plus grande gamme de produits laitiers frais du pays**, incluant :

- Lait UHT (nature, VitaMilk, aromatisé, minceur,)
- Yaourts en pots et bouteilles (Fort, Acti+, Dialna, Olé, Yago,)
- Fromages frais et fondus (Nature, Aladin, Délices)
- Desserts lactés (Crème dessert, Bnina, spécialités laitières).

L'entreprise dispose de 51 lignes de production et atteint une capacité de 1,8 million de tonnes par an.

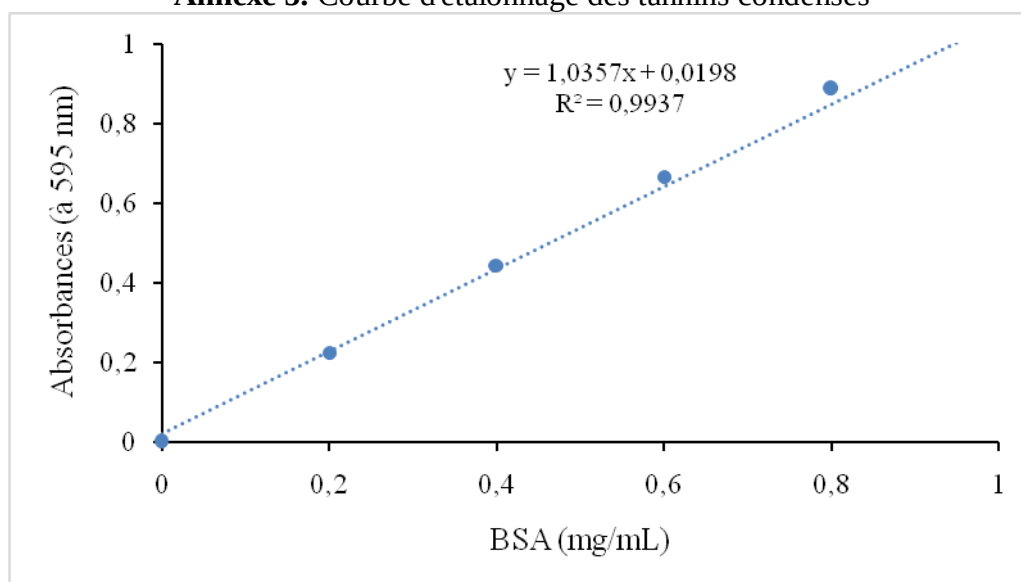
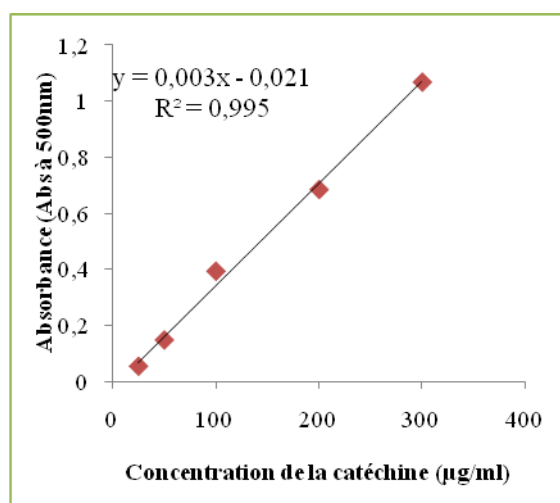
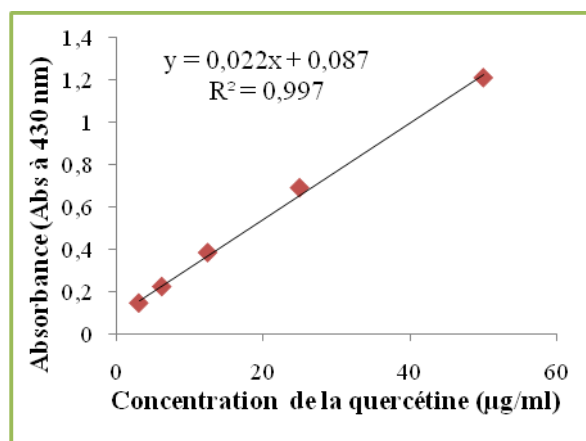
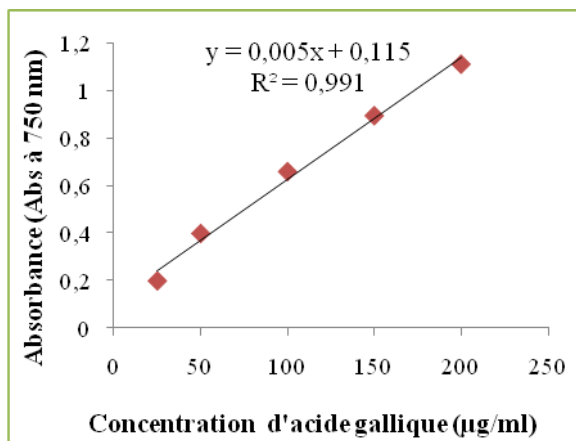
- **Engagement et logistique**

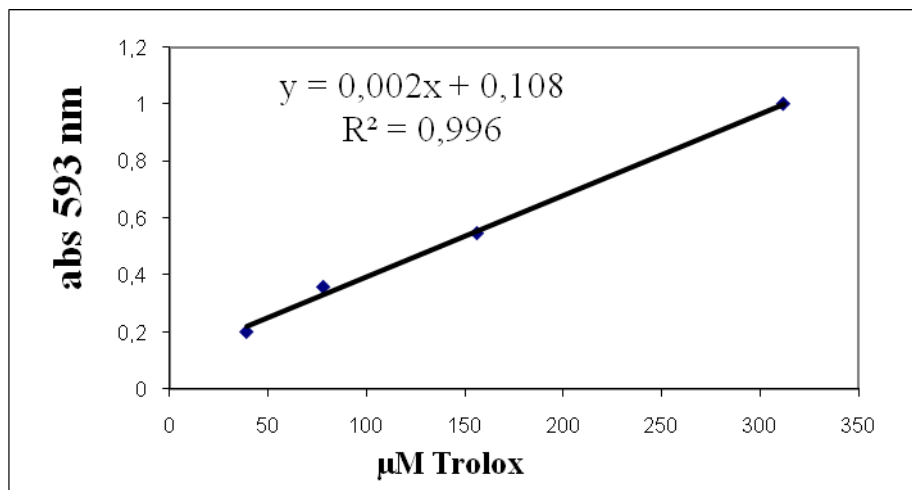
Soummam joue un rôle clé dans l'emploi en Algérie avec 2000 emplois permanents et plus de 10 000 emplois indirects. Elle assure une distribution nationale grâce à une flotte de camions frigorifiques couvrant 58 wilayas, garantissant le respect strict de la chaîne du froid.

- **Rayonnement international** L'entreprise exporte vers la Libye, le Qatar, la Mauritanie et Oman.
- **Qualité et engagement**
 - Certifiée **ISO 9001:2015**
 - En cours de certification **ISO 22000:2018**
 - Mise en place d'une **station d'épuration** pour minimiser l'impact environnemental.

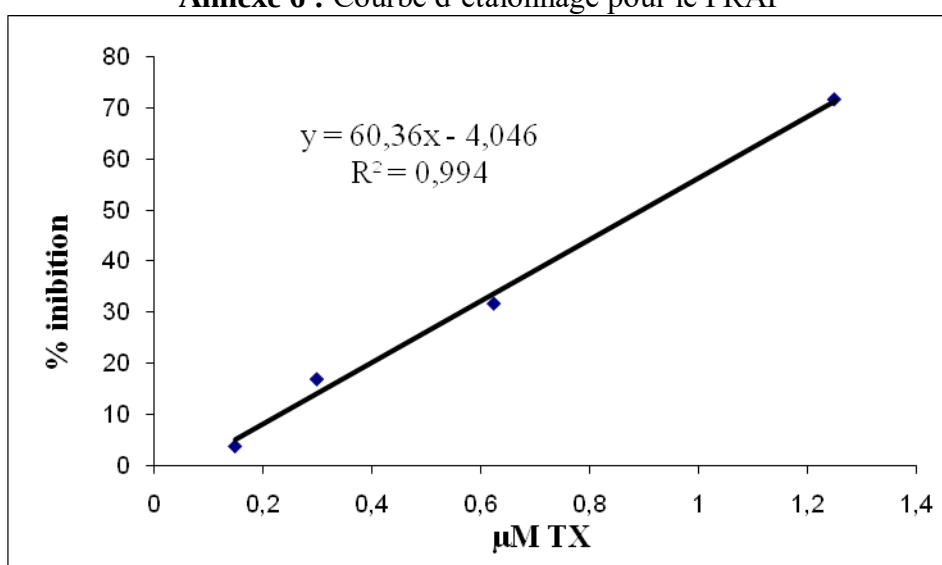
Annexes 2

Matériel	Produits chimiques	Appareils
-Eprouvette 100 mL -Fiole jaugée 10Ml -Erlenmeyer -Tubes à essai -Bécher -Pipette graduée -Entonnoir -Micropipette 100 mL -Spatule -Pisette -Tamis 250 µm -Embout -Flacon -Boîtes de pétri -Coupelles en alluminium -Butyromètre -Eppendorf -Barreau magnétique - Bec Bunsen	-Hexane -Hydroxyde de Sodium NaOH (0.5m) - Bleu de Coomassie - Ethanol (70%) - Folin-Ciocalteu (10%) - Carbonate de sodium (7,5%). - Trichlorure d'aluminium (AlCl ₃) (2%) - Vanilline 4% - Acide chlorique (HCl) -FRAP - Persulfate de potassium (7mM) -Hydroxyde de Sodium (NaOH) à 0,9 N. - Phénolphtaléine - L'acide sulfurique (1.52 %) - Alcool iso amylique -Eau distillée	-Etuve - Broyeur électrique (IkaLabortechnik, Staufen, Germany) - Four à moufle - PH mètre (HANNA instrument HI 2211) -Agitateur magnétique -Centrifugeuse -Dessiccateur infrarouge -Bain marie -Balance -Spectrophotomètre -Incubateur (30 C°,44 C°,37 C°).





Annexe 6 : Courbe d'étalonnage pour le FRAP



Annexe 7 : Courbe d'étalonnage pour test ABTS

Annexe 8

➤ Préparation du bleu de Coomassie

Pour la préparation du réactif protéique, le bleu brillant de Coomassie G-250 (100 mg) a été dissous dans 50 ml d'éthanol à 95 %. À cette solution, 100 ml d'acide phosphorique à 85 % (p/v) ont été ajoutés. La solution résultante a été diluée jusqu'à un volume final de 1 litre. Les concentrations finales du réactif étaient de 0,01 % (p/v) de bleu brillant de Coomassie G-250, 4,7 % (p/v) d'éthanol et 8,5 % (p/v) d'acide phosphorique.

➤ Préparation du réactif FRAP

Le réactif FRAP est fraîchement préparé par Le mélange du tampon acétate (300 mM, pH 3.6), une solution de TPTZ (10 mM de 2,4,6-Tris (2-pyridyl)-1,3,4-triazine) dans 40 mM de HCl), et la solution de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ aux proportions 10:1:1 (v/v/v).

Annexe 9: Analyses microbiologiques des fromages enrichis

Types de germes	Milieux	Méthodes	Types respiratoires
Coliformes totaux	VRBL	Ensemencement : Ajouter 1 ml du produit fini dans une boîte de Pétri. Première couche : Verser 15 ml de gélose VRBL, mélanger l'inoculum et laisser solidifier. Deuxième couche:Ajouter une seconde couche de gélose et laisser solidifier. Incubation : à 30°C pendant 24 heures. Lecture des résultats : Observer les colonies caractéristiques des coliformes totaux, qui apparaissent violettes.	Aero-anaérobies
Coliformes fécaux	VRBL	Ensemencement : Transférer 1 ml du produit dans une boîte de Pétri à l'aide d'une pipette stérile. Première couche : Couler 15 ml de gélose VRBL, mélanger l'inoculum et laisser solidifier Deuxième couche : Ajouter une fine couche de 4 ml de gélose VRBL et laisser solidifier. Incubation : Placer les boîtes à 44°C pendant 24 heures. Lecture des résultats : Examiner les colonies après 24 heures d'incubation.	Aero-anaérobies
		Préparation de la suspension mère : Ajouter 10 ml du produit à 10 ml de bouillon peptone sel et mélanger. Ensemencement et solidification : Ensemencer 1 ml de la suspension mère dans une boîte de	

Germes totaux	PCA	Pétri et couler la gélose PCA. Laisser solidifier et ajouter une fine deuxième couche de gélose PCA. 1. Incubation : Incuber à 30°C pendant 72 heures. Déterminer le nombre total de colonies dans les boîtes. Cas spécifique de la solution fruit : 1. Préparation de la suspension mère : Ajouter 10 ml du produit à 10 ml de bouillon peptone sel. 2. Ensemencement : Ensemencer 2 boîtes de Pétri avec 1 ml chacune de la suspension mère. Couler la gélose PCA, laisser solidifier et ajouter une deuxième couche. 3. Incubation : Incuber à 30°C pendant 72 heures.	Aérobies
		1. Ensemencement du produit : Transférer 1 ml de la suspension mère dans une boîte de Pétri.	

Levures et moisissure	YGC	Couler 15 ml de gélose YGC, mélanger l'inoculum et laisser solidifier. Incuber les boîtes à 25°C pendant 5 jours. Lecture des résultats : Nombre de colonies $\times$ 2. Cas spécifique de la solution fruit : 1. Préparation de la suspension d'enrichissement : Ajouter 10 g du produit à 10 ml de bouillon Sabouraud. Incuber à 30°C pendant 48 heures. 2. Ensemencement et incubation : Ensemencer 2 boîtes de Pétri avec 1 ml chacune de la solution d'enrichissement. Couler la gélose YGC, laisser solidifier. Incuber à 30°C pendant 72 heures.	Anaérobies
----------------------------------	------------	--	-------------------

Annexe 10 : Questionnaire d'Analyse Sensorielle d'un Fromage frais (panel expert)

Nom : **Prénom :** **Age :**

Féminin :

Masculin :

Dans le cadre d'une analyse sensorielle d'un fromage frais, cinq échantillons A, B, C, D et E vous sont présentés, Il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques et d'attribuer une note pour chaque échantillon sur une échelle de 1 à 5 comme suit :

NB : Veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

1. Couleur (sans gouter)

1. Blanc
2. Blanc clair
3. vert clair
4. vert
5. vert foncé

A	B	C	D	E

2. Odeur (sans gouter)

- 1 Très faiblement intense
- 2 Faiblement intense
- 3 Moyennement intense
- 4 Fortement intense
- 5 Très fortement intense

A	B	C	D	E

3. Aspect

1. Très terne
2. Terne
3. Moyen
4. Brillant
5. Très brillant

A	B	C	D	E

4. Arôme (sensation en bouche)

1. Absent
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

A	B	C	D	E

5. Apparence

- 1 : Très rugueuse (Rêche)
- 2 : Rugueuse
- 3 : Moyenne
- 4 : Lisse
- 5 : Très lisse

A	B	C	D	E

6. Saveur

1. Amer
2. Très acide
3. Acide
4. Sucré
5. Salé

A	B	C	D	E

7. Arrière-goût

1. Très fort
2. Fort
3. Moyen
4. Faible
5. Absent

A	B	C	D	E

8. Texture en bouche

1. Liquide
2. Trop mou
3. Mou

4. Ferme
5. Très ferme

A	B	C	D	E

9. Tartinabilité

- 1.Très facile
- 2.Facile
- 3.Moyenne
4. Difficile
- 5.Très difficile

A	B	C	D	E

10. Consistance

1. Liquide
2. Trop mou
3. Mou
4. Ferme
5. Très ferme

A	B	C	D	E

Préférence générale :

Donnez une note de préférence de 1 à 9 pour chaque échantillon sachant que la note 1 correspond au moins préféré et la note 9 au plus préféré selon l'échelle ci-dessous :

1 : Extrêmement désagréable, 2 : Très désagréable, 3 : Désagréable, 4 : Assez désagréable, 5 : Ni agréable ni désagréable ,6 : Faiblement agréable, 7 : Agréable, 8 : Très agréable, 9 : Extrêmement agréable.

A	B	C	D	E

Paramètre ayant motivé la préférence générale :

- Quels sont les caractères organoleptiques qui ont motivé votre préférence :

Consistance

Odeur

Couleur

Tartinabilité

Merci pour votre contribution

Résumé

Le présent travail a été entrepris dans le but d'enrichir le fromage frais avec la poudre d'artichaut (*Cynara scolymus* L.) tout en évaluant les caractéristiques des produits finis vis-à-vis des paramètres phytochimiques, sensoriels et suivre l'évolution microbiologique et physico-chimique des fromages enrichis jusqu'à leur date limite de consommation, afin d'évaluer leur stabilité et leur conformité tout au long de leur durée de stockage. Les résultats de cette étude montrent que le sous produit d'artichaut présente un profil phytochimique important en phénols totaux (24,54 mg EAG/g MS), en flavonoïdes (7,85 mg EQ/g MS), en tanins condensés (3,12 mg EC/g MS), en cendres (10,02%), en protéines (4,60 %) et en matière sèche (92,37 %). L'activité antioxydante de l'extrait éthanolique d'artichaut a montré un effet scavenger important contre le radical DPPH (IC de 0,199mg/mL), ABTS (92,51 Mm ET/ g E) et un pouvoir réducteur du fer ferrique (FRAP) de 2,419µM ET/ g E. L'enrichissement du fromage frais par la poudre d'artichaut à différentes concentrations (0,5%, 1%, 1,5% et 2%) a fait l'objet des analyses physicochimiques, microbiologiques, phytochimiques et sensorielles. Les résultats ont révélé des teneurs significatives en composés phénoliques : PTC (1,73mg EQ/ g F), FTC (1,79 mg EQ/g F). Les meilleures activités antioxydantes sont enregistrées pour les fromages enrichis de 1,5% et 2% de PA pour les trois tests DPPH, ABTS et FRAP. Une bonne stabilité microbiologique et physicochimique est enregistrée jusqu'à la DLC (30jours) ainsi qu'une acceptabilité sensorielle satisfaisante. Cette étude met ainsi en évidence le potentiel technologique, nutritionnel et environnemental des tiges d'artichaut comme ingrédient fonctionnel, tout en ouvrant la voie à des perspectives d'application industrielle et d'optimisation nutritionnelle futures.

Mots clés : *Cynara scolymus* L, fromage frais, sous produit, Artichaut, valorisation, composés phénoliques

Abstract

This study was undertaken with the aim of enriching fresh cheese with artichoke powder (*Cynara scolymus* L.) while evaluating the characteristics of the finished products concerning phytochemical and sensory parameters, and monitoring the microbiological and physicochemical evolution of the enriched cheeses until their expiration date, in order to assess their stability and compliance throughout their storage duration. The results of this study show that the artichoke by-product presents a significant phytochemical profile in total phenols (24,54 mg EAG/g DM), flavonoids (7,85 mg EQ/g DM), condensed tannins (3,12 mg EC/g DM), ash (10,02%), protein (4,60%), and dry matter (92,37%). The antioxidant activity of the ethanolic extract of artichoke demonstrated a significant scavenging effect against the DPPH radical (IC of 0,199 mg/mL), ABTS (92.51 µmol TE/g DM), and a ferric reducing antioxidant power (FRAP) of 2,419 µmol TE/g DM. The enrichment of fresh cheese with artichoke powder at different concentrations (0,5%, 1%, 1.5%, and 2%) was subjected to physicochemical, microbiological, phytochemical, and sensory analyses. The results revealed significant levels of phenolic compounds: PTC (1,73 mg EQ/g F), FTC (1;79 mg EQ/g F). The best antioxidant activities were recorded for cheeses enriched with 1,5% and 2% of artichoke powder for the three tests DPPH, ABTS, and FRAP. Good microbiological and physicochemical stability was recorded up to the expiration date (30 days), as well as satisfactory sensory acceptability. This study thus highlights the technological, nutritional, and environmental potential of artichoke stems as a functional ingredient, while paving the way for future industrial application perspectives and nutritional optimization.

Key words: *Cynara scolymus* L, fresh cheese, by-product, artichoke, valorization, phenolic compounds.

ملخص

مع تقييم خصائص المنتجات النهائية من حيث المعايير الكيميائية (*Cynara scolymus* L.) أجريت هذه الدراسة بهدف إثراء الجبن الطازج بمسحوق الخرشوف النباتية والحسية، ومراقبة التطور الميكروبيولوجي والفيزيائي والكيميائي للأجبان المدعمة حتى تاريخ انتهاء صلاحيتها، وذلك لتقييم ثباتها ومطابقتها للمواصفات EAG/ من طول فترة تخزينها. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن المنتج الثانوي للخرشوف يقدم مستوى كيميائيًا نباتيًا ملحوظًا في الفينولات الكلية (24.54 ملغ من EQ/ غ من المادة الجافة/EC ملغ من 3.12 (والعفص المكثف)، غ من المادة الجافة/EQ ملغ من 7.85 (المادة الجافة)، والفلافونويدات DPPH والبروتين (4.60%)، والمادة الجافة (92.37%). أظهر النشاط المضاد للأكسدة للمستخلص الإيثانولي للخرشوف تأثيرًا كبيرًا في إزالة السموم من الجذر TE/g DM. تبلغ 2,419 ميكرومول (FRAP) وقوة مضادة للأكسدة مختزلة للحديد، (92.51 ميكرومول ABTS) و (IC 0,199 mg/mL)، خضع إثراء الجبن الطازج بمسحوق الخرشوف بتركيزات مختلفة (0.5%، 1%، 1.5%، و2%) لتحليلات فيزيائية وميكروبيولوجية وكيميائية نباتية وحسية. سُجلت أفضل أنشطة مضادة للأكسدة: PTC (1.73 mg EQ/g F) و FTC (1.79 mg EQ/g F). كشفت النتائج عن مستويات كبيرة من المركبات الفينولية سُجل استقرار ميكروبيولوجي وفيزيائي كيميائي جيد. FRAP و ABTS و DPPH للجبن المخصب بنسبة 1.5% و2% من مسحوق الخرشوف للاختبارات الثلاثة حتى تاريخ انتهاء الصلاحية (30 يومًا)، بالإضافة إلى قبول حسي مرضٍ. تُسلط هذه الدراسة الضوء على الإمكانيات التكنولوجية والتغذية والبيئية لسيقان الخرشوف كمكون وظيفي، مع تمهيد الطريق لافاق التطبيقات الصناعية المستقبلية وتحسين التغذية.

الكلمات المفتاحية: *Cynara scolymus* L، الجبن طازج، مُنتج ثانوي، الخرشوف، الثمين، المركبات الفينولية.

