

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة باجي مختار - عنابة  
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA  
FACULTÉ DES SCIENCES



DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE

LABORATOIRE DE BIOCHIMIE ET DE MICROBIOLOGIE APPLIQUÉE

# THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT 3<sup>ème</sup> cycle (LMD)  
En Microbiologie  
Option : Microbiologie Appliquée

**Aptitude du lait de chamelle au développement des bactéries  
lactiques et mise au point de laits fermentés**

Présentée par : M<sup>me</sup> HANOU Samia

Directrice de thèse : Mme BOUKHEMIS Messaouda

Professeur, Université d'Annaba

Membres de Jury:

Président : M. SOUMATI Boudjema

Professeur, Université d'Annaba

Examineurs : M. MECHAI Abdelbasset

MCA, Université de Tebessa

Mme GRARA Nedjoud

Professeur, Université de Guelma

Mme ABDI Akila

MCA, Université d'Annaba

Année universitaire : 2017 - 2018

### Remerciement

Avant tout je remercie \*Allah\* le tout puissant et le miséricordieux qui ma donné la force, la volonté et le courage pour accomplir ce travail.

J'exprime mes remerciements et ma gratitude à Mme Boukhemis Messouada qui m'a proposé ce sujet de thèse et qui m'a encadrée tout au long de ces années d'étude. Je vous remercie pour vous judicieux conseils scientifiques, pour votre encadrement méthodique et surtout pour votre patience dans la correction de cette thèse.

J'exprime mes profonds remerciements à Mr Soumati Boudjemaa qui m'a fait l'honneur de présider ce jury ainsi que à Mme Grara Nadjoud, Mme Abdi Akila et Mr Mechai Abdelbasset de bien vouloir évaluer et examiner ce manuscrit.

Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements à Mr Zidoune Nasreddine et Mme Benatallah Leila Professeurs à l'I.N.A.T.A.A., Constantine, à Mme Djeghri-Hocine Baida Professeur à l'école nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral Alger et à Mr Chehma Abdelmadjid et Mme Siboukeur Oumelkheir Professeurs à l'université Kasdi Merbah, Ouargla pour m'avoir accueillie au sein de leurs laboratoires et m'avoir donné les moyens de mener à bout cette étude.

J'adresse mes s'insère remerciement à Mr Hammadi Houcine directeur du laboratoire de contrôle de qualité qui m'a permis de travailler au sein de son laboratoire et Mr Boukhamla Nadir pour son aide et ses conseils.

Un grand merci aux personnels du laboratoire de contrôle de qualité de l'usine O.N.A.B et à Mr Taher Ali Professeur à l'université d'Annaba pour son aide à effectuer les analyses statistiques.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel des laboratoires de l'université Badji Mokhtar, Annaba, I.N.N.A.T.A. Constantine et Kasdi Merbah, Ouargla, en particulier Saida, Adra, Bouchra, Mouna et Lazhar pour leurs disponibilités et les nombreux services qu'ils m'ont rendus durant la réalisation de ce travail.

Un grand merci à mes amies Imene, Zahra, Zineb, Saida, Marwa, Khawter et Keltoum pour leurs encouragements et leurs soutien durant les moments difficiles.

## **Remerciement**

---

Un énorme merci à mes parents, ma belle mère, ma cousine Hana et mon mari qui m'ont encouragée et motivée tout au long de ce travail.

Merci a toute personne qui a de prés ou de loin contribué à la réalisation de ce travail.

## Résumé

Dans le but de trouver une technologie adaptée pour la fabrication de laits fermentés issus de lait de chamelle, nous avons étudié l'influence des paramètres technologiques sur la croissance de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* et sur la qualité rhéologique et physique du coagulum. En suite nous avons essayé d'améliorer la croissance de ces souches et la viscosité du coagulum formé par l'addition de la poudre du rhizome de *Zingiber officinale*, de graines de *Linum usitatissimum* et de graines de *Nigella sativa*. Les essais expérimentaux réalisés sur l'influence des paramètres technologiques ont révélé que l'augmentation de la température de pasteurisation, du taux d'ensemencement et de la température d'incubation améliore significativement la croissance, la viabilité des deux souches inoculées, la texture des yaourts formés et augmente significativement la capacité de rétention d'eau et réduit le volume du lactosérum exsudé. L'addition de ces substances végétales améliore encore plus la croissance et la viabilité des souches inoculées, augmente significativement la viscosité des gels obtenus, la capacité de rétention d'eau et réduit le volume de lactosérum exsudé. Après 28 jours de conservation au froid, on observe une post acidification qui reste dans la limite citée par la bibliographie et une diminution progressive et significative de la charge de *Lb. bulgaricus* et *St. thermophilus* dans tous les laits fermentés mais les charges finales de ces souches restent plus élevées par rapport au taux recommandé par la littérature.

Mots clés : lait de chamelle, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Zingiber officinale*, *Linum usitatissimum* et *Nigella sativa*.

## **Abstract**

In the aim to find a suitable technology for the manufacture of fermented milks, yogurt type from camel milk, we studied at first time the influence of some technological parameters on the growth of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* and on the rheological and physical quality of the coagulum. Then we attempt to improve the growth of these strains and the viscosity of the gel formed by the addition of powders of *Zingiber officinale* rhizome, *Linum usitatissimum* seeds and *Nigella sativa* seeds. The experimental tests relating to the influence of technological parameters on yoghurt quality revealed that a pasteurization temperature of 85 ° C for 30 minutes, an inoculation rate of 3% and an incubation temperature of 43 ° C significantly improve the growth and viability of the two inoculated strains, the texture of the yoghurt formed and significantly increase the water-holding capacity and reducing the volume of whey exuded. The addition of vegetable powders decreases to 50% the time of manufacture yogurt and improves the viability of the inoculated strains and rheological characteristics of gels. After 28 days of cold storage, the yogurts produced have a post acidification (a pH) and a charge of *Lb. bulgaricus* and *St. thermophilus* that meet the yoghurt denomination criteria required by legislation.

Keywords: camel milk, fermented milk, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Zingiber officinale*, *Linum usitatissimum* seeds, *Nigella sativa* seeds, growth, viability and viscosity.

## ملخص

من أجل ايجاد تكنولوجيا مناسبة لتحويل حليب الإبل الى ألبن مخمرة نوع زبادي، درسنا في البداية تأثير بعض معايير  
تكنولوجية على نمو *Lactobacillus bulgaricus* و *Streptococcus thermophilus*، على الخصائص الانسيابية  
للحليب المخمر والقدرة على الاحتفاظ بالمياه . ثم حاولنا تحسين نمو هذه البكتيريا ولزوجة الحليب المخمر بإضافة مسحوق  
كل من جذور الزنجبيل ، بذور الكتان وبذور الحبة السوداء. كشفت الاختبارات التجريبية المتعلقة بتأثير المعايير التكنولوجية  
أن درجة حرارة البسترة 85 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة، معدل البدر 3 % ودرجة حرارة الحضانة 43 درجة مئوية  
تحسن بشكل ملحوظ من نمو البكتيريا التي تم زرعها ولزوجة اللبن المصنوع، تزيد بشكل كبير من القدرة بالاحتفاظ بالمياه  
وتقلل من حجم مصل اللبن المفروز. إن إضافة مسحوق كل من جذور الزنجبيل ، بذور الكتان وبذور الحبة السوداء تحسن  
من الخصائص الإنسيابية لزبادي المصنوعة و تقلل من وقت إنتاجها بنسبة تصل إلى 50 بالمئة.  
بعد 28 يوم من التخزين البارد، نسبة الحموضة و كمية البكتيريا الموجودة في الزبادي المنتجة تلي معايير الزبادي التي  
تقتضيها تشريعات.

الكلمات المفتاحية : حليب الإبل، حليب مخمر، *Streptococcus thermophilus*، *Lactobacillus bulgaricus*  
*Linum usitatissimum* ، *Zingiber officinale*

## Liste des abréviations

AFNOR: Association Française de Normalisation

ANP: Azote non protéique

BSA: Sérum Albumine Bovine

DO: Densité Optique

EPS: Exo-polysaccharides

FAO: Food and Agriculture Organization.

FIL: Fédération Internationale de Laiterie

INRA: Institut national de recherche agronomique.

Lb: *Lactobacillus bulgaricus*

LC: lait de chamelle

LP: lait en poudre

MRS: Milieu de "de Man, Rogosa et Sharpe

°D: Degré Dornic

OMS: Organisation mondiale de la santé

pHi: Point isoélectrique

psi: Pound per square inch (unité de mesure de pression anglo-saxonne)

SDG: Sécoisolaricirésinol

SDS: Dodécylsulfate de sodium

St: *Streptococcus thermophilus*

T<sub>f</sub>: Temps nécessaire pour atteindre le pH de fin de culture

TCA: Trichloroacétique

T<sub>v max</sub>: Temps nécessaire pour atteindre V max

UFC: Unité formant colonie

V max: Vitesse maximum d'acidification

WHC: Water Hydratation Capacity

## Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre	Numéro de page
1	Production laitière moyenne de quelques races camelines Algériennes.	5
2	Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle et du lait de vache	6
3	Composition chimique globale (%) du lait de chamelle (selon différents auteurs)	7
4	Exemples de produits laitiers fermentés et leurs pays d'origine	16
5	les différentes posologies conseillées pour le rhizome de gingembre	30
6	Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons du lait de chamelle collectés.	53
7	Paramètres de la cinétique d'acidification des laits pasteurisé à 63 °C pendant 30 min ou à 85 °C pendant 30 min etensemencés à différents taux.	55
8	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la variation du pH dans les différents laits fermentés après la conservation au froid	58
9	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur l'évolution de l'acidité acquise dans les différents laits fermentés après conservation au froid.	59
10	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur les paramètres rhéologiques des différents laits fermentés.	62
11	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la capacité de rétention d'eau.	63
12	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur le degré de synérèse	63
13	Paramètres de la cinétique d'acidification des laits pasteurisé à 63 °C pendant 30 min ou à 85 °C pendant 30 min et incubés à différentes températures.	64
14	Variation du pH au cours de la conservation au froid des laits fermentés issus des laits pasteurisés et incubés à différentes températures	66

15	Influence de la température d'incubation sur l'acidité acquise des laits fermentés issus des laits de chamelle pasteurisés à différentes températures.	67
16	Influence de la température d'incubation sur les paramètres rhéologiques des laits fermentés issus des laits pasteurisés à différentes températures.	69
17	Influence de la température d'incubation sur la capacité de rétention d'eau	70
18	Influence de la température d'incubation sur le degré de synérèse.	70
19	Composition chimique des substances végétales.	71
20	Effet de la supplémentation sur certaines caractéristiques physicochimiques des laits pasteurisés à 63°C/30 min ou à 85°C/30 min.	71
21	Teneur en azote non protéique libéré par l'enzyme Zingibaine.	72
22	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur les paramètres de la cinétique d'acidification des différents laits.	74
23	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la variation de pH des différents laits fermentés pendant la conservation au froid	79
24	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur l'acidité acquise des laits fermentés au cours de la conservation au froid.	80
25	Caractéristiques des laits fermentés enrichis avec la poudre de gingembre après 28 jours de conservation au froid.	82
26	Influence de l'addition de poudre de gingembre sur les paramètres rhéologiques des différents laits fermentés	84
27	Influence du taux de poudre de gingembre additionné sur la capacité de rétention d'eau des différents laits fermentés.	84
28	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur le degré de synérèse des différents laits fermentés.	85
29	Effet de la supplémentation sur certaines caractéristiques physicochimiques des laits pasteurisés.	86
30	Influence du taux de poudre de graine de lin ajouté sur les paramètres de la cinétique d'acidification des différents laits.	88
31	Influence du taux de poudre des graines de lin ajouté sur la variation de	92

	pH dans les différents laits fermentés pendant la conservation au froid.	
32	Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'acidité acquise des laits fermentés au cours de la conservation au froid.	93
33	Caractéristiques des laits fermentés enrichis avec la poudre de lin après 28 jours de conservation au froid.	95
34	Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur les paramètres rhéologiques des différents laits fermentés.	97
35	Influence du taux de poudre de graines de lin additionné sur la capacité de rétention d'eau des différents laits fermentés.	97
36	Influence du taux de poudre de graines de lin additionnée sur le degré de synérèse	98
37	Effet de la supplémentation sur certaines caractéristiques physicochimiques des laits pasteurisés à 63°C /30 min ou à 85°C /30 min.	99
38	Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur les paramètres de la cinétique d'acidification des différents laits.	101
39	Influence du taux de poudre de graines de nigelle ajouté sur la variation de pH dans les différents laits fermentés pendant la conservation au froid	105
40	Influence du taux de poudre de graines de nigelle ajouté sur l'acidité acquise des laits fermentés au cours de la conservation au froid.	106
41	Caractéristiques des laits fermentés enrichis avec la poudre de graines de nigelle après 28 jours de conservation au froid.	108
42	Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur les paramètres rhéologiques des laits fermentés.	108
43	Influence du taux de poudre de graines de nigelle additionné sur la capacité de rétention d'eau des différents laits fermentés.	110
44	Influence du taux de poudre de graines de nigelle additionné sur le degré de synérèse.	111

## Liste des figures

Numéro de figures	Titre	Numéro de page
1	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits.	55
2	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte sur l'évolution de l'acidité Dornic acquise pendant l'incubation des différents laits.	57
3	% de viabilité de <i>St. thermophilus</i> dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à différentes températures et ensemencés à différents taux.	60
4	% de viabilité de <i>Lb. bulgaricus</i> dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à différentes températures et ensemencés à différents taux.	60
5	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des différents laits fermentés.	61
6	Influence de la température de pasteurisation et de la température d'incubation sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits.	65
7	Influence de la température de pasteurisation et de la température d'incubation sur l'évolution de l'acidité Dornic acquise au cours de la fermentation des différents laits	66
8	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et incubés à différentes températures	68
9	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et incubés à différentes températures.	68
10	Influence de la température d'incubation sur la viscosité apparente des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min ou à 85°C/30 min.	69
11	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la vitesse moyenne	73

	d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min.	
12	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min.	74
13	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 63 °C / 30 min.	76
14	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 85 °C / 30 min.	76
15	Influence de l'addition de 0,6% de poudre de gingembre sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> cultivées sur lait de chamelle pasteurisés à 63°/30 min.	78
16	Influence de l'addition de 0,5% de poudre de gingembre sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> cultivées sur lait de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min.	78
17	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre.	81
18	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre.	81
19	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre	83
20	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre	83
21	Influence du taux de poudre de graine de lin ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur les laits de chamelle pasteurisés à 63 °C pendant 30 min.	87
22	Influence du taux de poudre de graine de lin ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur lait de chamelle pasteurisé à 85°C pendant 30 min.	88

23	Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 63 °C / 30 min.	89
24	Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 85 °C / 30 min	90
25	Influence de l'addition de 1,5% de poudre de graines de lin sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> cultivées sur lait de chamelle pasteurisé à 63°/30 min.	91
26	Influence de l'addition de 1,5% de poudre de graines de lin sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> cultivées sur lait de chamelle pasteurisé à 85°/30 min.	91
27	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graine de lin.	94
28	% de viabilité des deux souches de la culture mixte sur les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graine de lin	94
29	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de lin	96
30	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de lin	96
31	Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivées sur les laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min	100
32	Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur les laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min	100
33	Acidité acquise du lait de chamelle témoin et des laits de chamelle supplémentés de poudre de graine de nigelle et pasteurisés à 63 °C au cours de l'incubation	102
34	Acidité acquise du lait de chamelle témoin et des laits de chamelle supplémentés de la poudre de graines de nigelle et pasteurisés à 85 °C	102

	au cours de l'incubation.	
35	Influence de l'addition de 0,3% de poudre de graines de nigelle sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb. bulgaricus</i> cultivées dans lait de chamelle pasteurisé à 63°/30 min	104
36	Influence de l'addition de 0,2% de poudre de graines de nigelle sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb. bulgaricus</i> cultivées dans lait de chamelle pasteurisé à 85°/30 min	104
37	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de nigelle	107
38	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de nigelle	107
39	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre des graines de nigelle	109
40	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre des graines de nigelle	109

## Liste des figures

Numéro de figures	Titre	Numéro de page
1	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits.	55
2	Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte sur l'évolution de l'acidité Dornic acquise pendant l'incubation des différents laits.	57
3	% de viabilité de <i>St. thermophilus</i> dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à différentes températures et ensemencés à différents taux.	60
4	% de viabilité de <i>Lb. bulgaricus</i> dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à différentes températures et ensemencés à différents taux.	60
5	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des différents laits fermentés.	61
6	Influence de la température de pasteurisation et de la température d'incubation sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits.	65
7	Influence de la température de pasteurisation et de la température d'incubation sur l'évolution de l'acidité Dornic acquise au cours de la fermentation des différents laits	66
8	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et incubés à différentes températures	68
9	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et incubés à différentes températures.	68
10	Influence de la température d'incubation sur la viscosité apparente des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min ou à 85°C/30 min.	69
11	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la vitesse moyenne	73

	d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min.	
12	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min.	74
13	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 63 °C / 30 min.	76
14	Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 85 °C / 30 min.	76
15	Influence de l'addition de 0,6% de poudre de gingembre sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> cultivées sur lait de chamelle pasteurisés à 63°/30 min.	78
16	Influence de l'addition de 0,5% de poudre de gingembre sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> cultivées sur lait de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min.	78
17	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre.	81
18	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre.	81
19	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre	83
20	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre	83
21	Influence du taux de poudre de graine de lin ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur les laits de chamelle pasteurisés à 63 °C pendant 30 min.	87
22	Influence du taux de poudre de graine de lin ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur lait de chamelle pasteurisé à 85°C pendant 30 min.	88

23	Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 63 °C / 30 min.	89
24	Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 85 °C / 30 min	90
25	Influence de l'addition de 1,5% de poudre de graines de lin sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> cultivées sur lait de chamelle pasteurisé à 63°/30 min.	91
26	Influence de l'addition de 1,5% de poudre de graines de lin sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb.bulgaricus</i> cultivées sur lait de chamelle pasteurisé à 85°/30 min.	91
27	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graine de lin.	94
28	% de viabilité des deux souches de la culture mixte sur les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graine de lin	94
29	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de lin	96
30	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de lin	96
31	Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivées sur les laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min	100
32	Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur les laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min	100
33	Acidité acquise du lait de chamelle témoin et des laits de chamelle supplémentés de poudre de graine de nigelle et pasteurisés à 63 °C au cours de l'incubation	102
34	Acidité acquise du lait de chamelle témoin et des laits de chamelle supplémentés de la poudre de graines de nigelle et pasteurisés à 85 °C	102

	au cours de l'incubation.	
35	Influence de l'addition de 0,3% de poudre de graines de nigelle sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb. bulgaricus</i> cultivées dans lait de chamelle pasteurisé à 63°/30 min	104
36	Influence de l'addition de 0,2% de poudre de graines de nigelle sur la charge de <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb. bulgaricus</i> cultivées dans lait de chamelle pasteurisé à 85°/30 min	104
37	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de nigelle	107
38	% de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de nigelle	107
39	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre des graines de nigelle	109
40	Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre des graines de nigelle	109

## Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

	<b>Pages</b>
Introduction	1

### **Partie bibliographie**

#### **Chapitre I : Le lait**

I-1- Aperçu sur le cheptel camelin algérien	4
I-2-Production laitière	4
I-3-Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques du lait de chamelle	5
I-4-Aptitude du lait de chamelle à la transformation technologique	9
I-5-Les produits dérivés	10
I-6-Composants et propriétés médicinales du lait de chamelle	11

#### **Chapitre II : Le lait fermenté**

II-1-Définition	15
II-2-Les différents types de laits fermentés	15
II-3-Le yaourt	16
II-3-1-Définition	16
II-3-2-Différentes étapes de fabrication du yaourt	17
II-3-3-Propriétés rhéologique des yaourts et les différentes méthodes de caractérisation	22
II-4-Yaourt à base du lait camelin	24
II-5-Autres laits fermentés à base de lait de chamelle	25

#### **Chapitre III : Les plantes utilisées**

III-1-Le gingembre ( <i>Zingiber officinale</i> )	26
III-1-1-Description botanique et classification du gingembre	26
III-1-2-Étymologie	26
III-1-3-Composition chimique du rhizome du gingembre	27
III-1-4-Différents domaines d'utilisation du gingembre	27
III-1-5-Propriétés pharmacologiques	28

III-1-6-Posologie conseillées pour le rhizome de gingembre	29
III-1-7-Toxicité du gingembre	30
III-2- Le lin ( <i>Linum usitatissimum</i> )	31
III-2-1-Description botanique et classification du <i>Linum usitatissimum</i>	31
III-2-2-Étymologie et dénominations internationales	31
III-2-3-Composition chimique de la graine de lin	32
III-2-4-Différents domaines d'utilisation de la graine de lin.	33
III-2-5-Aspect pharmacologique	35
III-2-6-Toxicité et effet indésirable de la graine de lin	35
III-3-la nigelle ( <i>Nigella sativa</i> )	37
III-3-1-Description botanique et classification de <i>Nigella sativa</i>	37
III-3-2-Étymologie et dénominations internationales	37
III-3-3-Composition chimique de la graine de <i>Nigella sativa</i>	38
III-3-4-Différents domaines d'utilisation de la graine de <i>Nigella sativa</i>	39
III-3-5-Propriétés pharmacologique de <i>Nigella sativa</i>	40
III-3-6-Toxicité de la graine de <i>Nigella</i>	40

## Matériel et méthodes

I-Matériel biologiques	42
I-1-Lait utilisé	42
I-2-Matériel végétal utilisé	43
I-3-Ferment utilisé	43
II- Méthodes	43
II-1-Préparation de poudre végétales et détermination de leurs teneurs en protéines et en cendres	43
II-2-Étude des caractéristiques physicochimiques du lait de chamelle	44
II-2-1-Mesure du pH	44
II-2-2-Mesure de l'acidité Dornic	44
II-2-3-Détermination de la teneur en extrait sec total	44
II-2-4-Détermination de la teneur en protéines	45
II-2-5-Détermination de la teneur en azote non protéique (ANP)	45
II-2-6-Détermination de la teneur cendre	45
II-2-7-Détermination de la teneur en matière grasse	46
II-2-8-Détermination de la teneur en lactose	46

II-2-9-Détermination de la densité	46
II-3-Préparations des échantillons du lait de chamelle	46
II-3-1-Écrémage des échantillons	46
II-3-2-Pasteurisation	46
II-4-Préparation du ferment	47
II-5-Choix des paramètres technologiques	47
II-5-1-Choix de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement	47
II-5-2-Choix de la température d'incubation	50
II-6-Étude l'effet de l'addition des substances végétales	50
II-6-1-Addition des poudres végétales et pasteurisation des laits	50
II-6-2-Étude des caractéristiques physicochimiques du lait de chamelle supplémenté	51
II-6-3-Estimation de la croissance de la culture mixte	51
II-6-4-Étude de la stabilité de la culture mixte au cours de la conservation au froid	51
II-6-5-Étude de la qualité rhéologique	51
II-6-6-Détermination de la capacité de rétention d'eau	52
II-6-7-Détermination du volume de lactosérum exsudé	52
III-Analyse statistique des résultats	52

## Résultats

I-Influence des paramètres technologiques	53
I-1-Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle collecté	53
I-2-Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement	53
I-2-1-Influence sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits	53
I-2-2-Influence sur la viabilité des deux souches de la culture mixte	57
I-2-3-Influence sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus	61
I-2-4-Influence sur la capacité de rétention d'eau	62
I-2-5-Influence sur la synérèse	63
I-3-Influence de la température d'incubation	64
I-3-1-Influence sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits	64
I-3-2-Influence sur la viabilité des deux souches de la culture mixte pendant la conservation au froid	66
I-3-3-Influence sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus	69

---

I-3-4-Influence sur la capacité de rétention d'eau	70
I-3-5-Influence sur la synérèse	70
II-Influence de l'addition des substances végétales	71
II-1-Composition chimique des substances végétales	71
II-2-Influence de l'addition de la poudre de gingembre	71
II-2-1-Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle supplémenté de poudre de gingembre	71
II-2-2-Évaluation de l'activité protéolytique de l'enzyme Zingibaine sur le lait de chamelle pasteurisé à 63°C /30 min et 85 °C /30 min	72
II-2-3-Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits	72
II-2-4-Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés	79
II-2-5-Influence de l'addition de poudre de gingembre sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus	82
II-2-6-Influence de l'addition de la poudre de gingembre sur la capacité de rétention d'eau	84
II-2-7-Influence de l'addition de la poudre de gingembre sur la synérèse	85
II-3-Influence de l'addition de la poudre de graines de <i>Linum usitatissimum</i>	85
II-3-1-Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle supplémenté de poudre de graines de <i>Linum usitatissimum</i>	85
II-3-2-Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits	86
II-3-3-Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur la viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés	92
II-3-4-Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus	95
II-3-5-Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur la capacité de rétention d'eau	97
II-3-6-Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur la synérèse	98
II-4-Influence de l'addition de la poudre de graines de nigelle	98
II-4-1-Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle supplémenté de poudre de graines de nigelle	99

---

II-4-2-Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits	98
II-4-3-Influence du taux de poudre de graines de nigelle ajouté sur la viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés	105
II-4-4-Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus	108
II-4-5-Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur la capacité de rétention d'eau	110
II-4-6-Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur la synérèse	111
Discussion	112
Conclusion	128
Perspectives	129
Références bibliographiques	130
Annexes	
Publication et communications	



# Introduction

### Introduction

Le lait de chamelle contient des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base et des teneurs élevées en certaines vitamines et minéraux tels que la vitamine C et le fer (Attia et *al.*, 2001, Saitmuratova et *al.*, 2001 et Siboukeur, 2007). Il contient aussi des substances bioactives ayant de grandes vertus thérapeutiques pour le traitement de plusieurs maladies comme le cancer (Yagil et Van Creveld, 2000), le diabète (Agrawal et *al.*, 2003 et Agrawal et *al.*, 2005), la tuberculose (Mal et *al.*, 2000 et Alwan et Tarhuni, 2000), la diarrhée (Diarra et *al.*, 2002 et Benkerroum et *al.*, 2004) et la sclérose en plaques (Yagil et Van Creveld, 2000). Il est également conseillé aux enfants souffrant d'allergie au lait de vache vu qu'il est déficient en  $\beta$ -lactoglobuline (Makinen-Kijunen et Palovsvo, 1992 et Shabo et *al.*, 2005).

Malgré la richesse de ce lait en nutriments et sa production non négligeable, il demeure un produit relativement peu consommé et peu transformé contrairement aux autres types de laits connus dans plusieurs régions du monde, y compris dans notre pays (Siboukeur, 2007). En effet, en Algérie le lait de chamelle est vendu soit à l'état frais ou pasteurisé par certaines laiteries du sud et arrive parfois acide aux villes du nord. Sa transformation en produits dérivés constitue une voie intéressante pour mieux exploiter le potentiel laitier des zones arides, enrichir l'apport alimentaire des populations et contribuer par conséquent à sa valorisation économique.

Toutefois, les tentatives de transformation de ce lait en produits dérivés se sont heurtées aux problèmes de technologie et de préférences des consommateurs. Abu-Tarboush (1994), Kamoun (1995), El-Agamy et *al.*, (2000) et Attia et *al.*, (2001) ont étudié la faisabilité de sa transformation en laits fermentés et ont mentionné les difficultés rencontrées dont une phase de latence prolongée, un gradient plus faible dans le développement de la prise d'acidité et un gel fragile et hétérogène composé de simples flocons dispersés, dépourvus de toute fermeté contrairement au lait de vache.

Plusieurs études comparatives à ce lait de référence ont mis en évidence les causes de ces problèmes de technologie, dont une faible teneur en extrait sec (Kamoun, 1995), une teneur plus faible en caséine  $\kappa$ , une proportion plus importante en caséine  $\beta$  (Ochirkhuyag et *al.*, 1997 et Kappler et *al.*, 1998), une micelle de caséine ayant un diamètre plus élevé, une charge en minéraux et en citrate relativement plus importante (Jardali, 1994, Attia et *al.*, 2000

et Kherouatou et *al.*, 2003) et une teneur élevée d'agents antimicrobiens tels que le lysosyme, la lactoferrine, la lactoperoxydase et l'immunoglobuline (El-agamy et *al.*, 2000).

Pour contourner ces problèmes Hashim et *al.*, (2008), Mortada et Omer (2013) et Ibrahim et Khalifa (2015) ont proposé l'addition de certains stabilisateurs industriels tels que la gélatine, l'alginate, la gomme de guar et le carboxyméthyl de sodium ou l'augmentation de la teneur en matière sèche par l'addition de lait en poudre.

Il y a eu également un intérêt croissant pour la production de yaourt présentant des qualités thérapeutiques et nutritionnelles en additionnant des additifs naturels riches en facteurs antioxydants et en fibres (Trigueros et *al.*, 2011, Shori et *al.*, 2013 a, Shori, 2013 b, Amirdivini et Hj Baba, 2013, El-Batawy et *al.*, 2014, Simoneliene et *al.*, 2014 et Alaa et *al.*, 2015). Selon plusieurs auteurs, la consommation de ces produits enrichis peut prévenir diverses maladies comme l'hypertension, l'hypercholestérolémie, les troubles gastro-intestinaux, le diabète et le cancer (Bingham et *al.*, 2003, Ven et Mann, 2004 et Pereira et *al.*, 2004).

Notre travail s'insère dans cette optique et a pour ambition de mettre au point une technologie adaptée au lait de chamelle permettant de réduire le temps de fabrication et produire des laits fermentés présentant une meilleure qualité rhéologique et nutritionnelle.

Pour atteindre cet objectif nous nous sommes proposé d'étudier :

D'une part, l'influence de certains paramètres technologiques sur la croissance, la viabilité de la culture mixte du yaourt constituée de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* et sur la qualité rhéologique et physique des gels acides obtenus. Les paramètres étudiés sont deux températures de pasteurisation, deux températures d'incubation et trois taux d'ensemencement.

D'autre part, l'effet de l'addition de 3 farines de plantes (le rhizome de *Zingiber officinale*, les graines de *Linum usitatissimum* et les graines de *Nigella sativa*) connues pour être riches en protéines, en vitamines, en facteurs antioxydants, en amidon ou en fibre (Hadley et *al.*, 1992, Cui, 2001, Oomah, 2003, Zahoor et *al.*, 2004, Stoilova et *al.*, 2007, Durrani et *al.*, 2007, Al-naqeeq et *al.*, 2009, Ahmed et *al.*, 2011 et Latona et *al.*, 2012) sur la croissance, la viabilité des deux souches inoculées et sur la qualité rhéologique et physique des gels acides obtenus.

Le présent travail a été réalisé avec la collaboration de cinq laboratoires :

- Laboratoire de Biochimie et de Microbiologie Appliquée, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- Laboratoire de recherche en Nutrition et Technologie Alimentaire, Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A.), Université de Mentouri, Constantine.
- Laboratoire de Bio-ressources sahariennes, université Kasdi Merbah, Ouargla.
- Laboratoire de contrôle de qualité et répression des fraudes, Annaba.
- Laboratoire de contrôle de qualité, office nationale de l'alimentation de bétail, EL- Harouch, Skikda.



# Chapitre I: Le lait

## I-1-Aperçu sur le cheptel camelin algérien

Le cheptel camelin algérien est loin d'être négligeable et il est en constante progression, en 2010 le ministère Algérien de l'agriculture a recensé plus de 300 000 têtes (Oulad Belkhir et *al.*, 2013).

Ce cheptel est élevé surtout en mode semi nomade (Adamou, 2008) et il est réparti sur 17 wilayats, huit wilayats sahariennes dont : Ouargla, Ghardaï, El-Oued, Tamanrasset, Illizi, Adrar, Tindouf et Béchar et neuf wilayats steppiques dont : Biskra, Tebessa, Khenchela, Batna, Djelfa, El-Bayad, Naâma, Laghouat et M'sila (Ben Aissa, 1989).

Sur le plan taxonomique, les chameaux trouvés en Algérie appartiennent à la famille des camélidés, au genre *Camelus* et à l'espèce *Camelus dromedarius* (une seule bosse). Ben Aissa (1989) révèle que plusieurs races sont élevées en Algérie dont le Chaambi, l'Ouled Sidi Cheikh, le Sahraoui (issu du croisement de Chaambi et d'Ouled Sidi Cheikh), l'Ait Khebbach, le Chameau de la Steppe, le Targui ou race des Touaregs du Nord, l'Aier, le Reguibi et le Chameau de l'Aftouh. Cependant, la race Sahraoui est la plus dominante (Siboukeur, 2007).

## I-2-Production laitière

Selon plusieurs études effectuées sur les capacités de production de lait, les chamelles algériennes peuvent être considérées comme bonnes laitières comparativement aux potentialités d'autres races dans plusieurs régions du monde (3-10 kg/j) (Farah, 2011). En effet, les estimations faites par quelques auteurs, nous donnent des valeurs allant de 0,5 à 10 kg/jour, avec des durées de lactation de 12 à 18 mois, comme le montre le tableau N° 1.

**Tableau N° 1 : Production laitière moyenne de quelques races camelines Algériennes.**

Races	Production moyenne (kg)	Durée moyenne de lactation (mois)	Auteurs
Dromadaire de la steppe	0,5-5	12-18	Chehma, 2003
Sahraoui	2-8	12	Chehma, 2003
Sahraoui	1,5-10	12-18	Siboukeur, 2007

Kamoun (1994), Mehaia et *al.*, (1995) et Bekele et *al.*, (2002) stipulent que la variabilité des rendements laitiers est liée à divers facteurs notamment l'alimentation, le stade de lactation, la pratique et la fréquence de la traite, la race et le nombre de mises bas.

### I-3-Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques du lait de chamelle

#### I-3-1-Caractéristiques organoleptiques

Le lait de chamelle est de couleur blanche mate, en raison de la structure et de la composition de sa matière grasse, relativement pauvre en  $\beta$ -carotène (Stahl et *al.*, 2006 ). Il a un goût sucré ou salé, selon le type de fourrage ingéré et la disponibilité en eau, l'ingestion de fourrages comme la luzerne, lui donne un goût sucré, alors que l'ingestion de certaines plantes halophytes comme *Atriplex*, *Salosa* et *Acacia* le rend salé (Farah 1993, Wangoh et *al.*, 1998 et Al-Haj et *al.*, 2010).

#### I-3-2-Caractéristiques physico-chimiques

Le lait camelin est légèrement plus acide et moins dense que le lait de vache (Kamoun, 1995), son pH varie entre 6,2 à 6,5 (Farah et *al.*, 1996) (Tableau N° 2). Les fluctuations qui existent dans les valeurs des constantes physico-chimiques rapportées par différents auteurs sont liées aux teneurs variables des différents composants de ce lait. (Mehaia et *al.*, 1995 et Wangoh et *al.*, 1998)

**Tableau N° 2 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle et du lait de vache (Kamoun, 1995)**

	pH à 20°C	Acidité (°D)	Densité
<b>Lait de chamelle</b>	6.51 ± 0,12	18,6 ± 2,93	1,0230 ± 0,004
<b>Lait de vache</b>	6,65 ± 0,12	16 ± 1	1,032 ± 0,001

#### I-3-3-Composition du lait de chamelle

La composition chimique globale du lait de chamelle (Tableau N° 3), même si elle fluctue selon les auteurs montre néanmoins des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base (protéines, matière grasse et lactose) avec des proportions similaires à

celles présentes dans le lait de vache (Siboukeur, 2007, Attia et *al.*, 2001). Toutefois, elle présente une grande originalité dans la composition fine et qualitative des matières protéiques, des matières grasses et des vitamines.

**Tableau N° 3: Composition chimique globale du lait de chamelle selon différents auteurs**

<b>Extrait sec (%)</b>	<b>Matières grasses (%)</b>	<b>Protéines (%)</b>	<b>Lactose (%)</b>	<b>Cendres (%)</b>	<b>Références</b>
<b>9,60</b>	1,20	3,07	5,40	0,99	Attia et <i>al.</i> , 2001
<b>11,31</b>	2,8	3,56	4,38	0,72	Siboukeur, 2007
<b>12,18</b>	5,74	2,90	-	0,69	Eshraga et <i>al.</i> , 2011
<b>10,92</b>	3	3,39	3,52	0,93	Boudjenah, 2012
<b>10,13</b>	4,4	2,8	4,3	0,82	Mortada et <i>al.</i> , 2013

### I-3-3-1-Les protéines

Le lait de chamelle joue un rôle important en tant que source de protéines pour les personnes vivant dans les régions arides du monde (Shuiep et *al.*, 2013).

Ces protéines, selon leur solubilité en milieu acide se répartissent comme pour les laits des autres espèces, en deux fractions : les caséines et les protéines du lactosérum. (Wangoh et *al.*, 1998).

#### ❖ Les caséines

Les caséines camelines sont des phosphoprotéines représentant la fraction protéique la plus abondante, à savoir 52 à 87% des protéines totales (Farag et Kabary, 1992 et Khaskheli et *al.*, 2005). Plusieurs travaux ont caractérisé ces caséines et ont mis en évidence l'existence de protéines homologues aux caséines  $\alpha S_1$ ,  $\alpha S_2$ ,  $\beta$  et  $\kappa$  bovines, ces travaux ont montré que globalement les proportions sont similaires à celles rencontrées dans le lait bovin à

l'exception de la caséine  $\kappa$  qui semble se retrouver à des teneurs plus faibles (3,47% contre 13% dans le lait de vache) (Ochirkhuyag et *al.*, 1997 et Kappler et *al.*, 1998).

Une autre particularité de la caséine du lait de dromadaire est qu'elle est distribuée sous forme de micelles ayant un diamètre double et une charge en minéraux et citrate relativement plus importante par comparaison à celle du lait de vache (Jardali, 1994, Attia et *al.*, 2000 et Kherouatou et *al.*, 2003).

### ❖ Les protéines du lactosérum

Les protéines du lactosérum sont les deuxièmes principales composantes des protéines du lait de chamelle et constituent 20 à 25% des protéines totales (Khaskheli et *al.*, 2005). Selon plusieurs études, leur composition et leur concentration sont différentes de celles du lait de vache. En effet, à l'exception de l' $\alpha$ -lactalbumine, l'albumine sérique, les immunoglobulines, les protéose-peptones, la lactoferrine, la lactopéroxydase et le lysozyme qui sont homologues à celles trouvées dans ce lait (Kappeler et *al.*, 1999, El-agamy, 2000 et Girardet et *al.*, 2000), d'autres protéines n'ayant aucun homologue ont été isolées et caractérisées dont :

- Une protéine à caractère acide dénommée Whey Acidic Protein (Kappeler, 1998).
- Une protéine dénommée Novel Whey Protein (Beg et *al.*, 1987).
- Une protéine de reconnaissance du peptidoglycane homologue à celle du lait humain (Kappeler, 1998).
- Une protéine basique dénommée Camel Whey Basic Protein (El-hatmi et *al.*, 2007).
- Une protéine de 14000 Da riche en résidus cystéine et dont l'extrémité N-terminal présente une similitude de structure avec celle des caséines  $\alpha$  et  $\beta$  camelines (Beg et *al.*, 1984).

En outre, ces protéines sériques sont thermorésistantes (Farah et *al.*, 1996). El-Agamy et *al.*, (2000) démontrent que le chauffage du lait camelin à 85°C pendant 10 min inhibe seulement 56% du lysozyme et 65,5% de la lactoferrine alors que l'application du même traitement thermique au lait bovin inhibe 73 % du lysozyme et 98,8% de la lactoferrine.

### I-3-3-2-La matière grasse

La matière grasse du lait de chamelle est de couleur blanche du fait de sa faible teneur en  $\beta$ -carotène ou provitamine A (Al-Haj, 2010). Différentes études comparatives au lait de vache montrent plusieurs originalités dont :

-Des globules gras de petites tailles (1,5 à 9  $\mu\text{m}$ ) alors qu'elles sont de 3 à 6  $\mu\text{m}$  dans le lait bovin (Mehaia, 1995).

-Une teneur faible en acides gras saturés (Al-Haj, 2010) et une teneur élevée en acides gras mono-insaturés à longue chaîne (acides stéarique et oléique) et en acides gras essentiels (linoléique et linoléique) (Konuspayeva et al., 2009 b)

-Une grande proportion en triglycérides estimée à 96% des lipides totaux et qui se caractérise par un point de fusion très élevé (Ereifej et al., 2011).

-Une stabilité physique élevée due notamment à la teneur élevée en phospholipides présents dans la membrane des globules gras (Attia et al., 2000).

Selon plusieurs auteurs dont Mehaia (1995) et Attia et al., (2000), ces phospholipides qui jouent le rôle d'un agent émulsifiant et le faible diamètre des globules gras expliquent la difficulté de l'écémage du lait camelin. En revanche, Farah and Rüegg (1991) impute ce comportement au fait que le lait de chamelle soit déficient en protéine dénommée "agglutinine" qui aurait la propriété de s'adsorber aux globules gras à basse température ( $<8^{\circ}\text{C}$ ) et faciliterait leur rapprochement.

### I-3-3-3-Le lactose

Comme dans le lait bovin, le lactose est le glucide majoritaire présent dans le lait camelin (Farah, 1993). Sa teneur varie de 2,40 à 5,80 % (Konuspayeva, 2009 a). La variation observée en cet élément peut être dû au type de plantes consommées dans les déserts (Khaskheli et al., 2005).

### I-3-3-4-L'eau

La teneur en eau du lait camelin atteint son maximum pendant la période de sécheresse. En effet, un régime riche en eau donne un lait ayant un taux de 86% alors que dans un régime déficient, celui-ci s'élève à 91%. Ceci est une adaptation naturelle au milieu

afin que les femelles camelines lactantes assurent une quantité de fluide nécessaire à leurs petits chamelons déshydratés (Faye et Mulato, 1991).

### **I-3-3-5-Les vitamines et les minéraux**

Le lait de chamelle se caractérise par des concentrations élevées en vitamines thermorésistantes (Warnery et *al.*, 2003 et Warnery et *al.*, 2006 ) qui font de ce lait un véritable aliment à finalité diététique (Haddadin et *al.*, 2008).

En effet, ce lait se singularise par sa richesse relative en vitamine C (Farah, 1993), dont les teneurs signalées selon Mathieu (1998) et stahl et *al.*, (2006) sont en moyenne 3 à 5 fois plus élevées que celles présentes dans le lait bovin. Cette caractéristique est particulièrement intéressante, car elle permet au lait de cette espèce, par son apport important en cette vitamine, de répondre aux besoins nutritionnels aussi bien du jeune chamelon que des populations locales, qui vivent dans un environnement où l'apport en ce type de vitamine est particulièrement limité (Siboukeur, 2007 et Mal et Panthak, 2010). Elle expliquerait également son utilisation comme médicament dans certains pays asiatiques pour stimuler les fonctions du foie et pour lutter contre la fatigue générale (Farah, 1992).

Par ailleurs, Farah (1993), Mehaia (1994) et Stahl et *al.*, (2006) signalent que ce lait par comparaison au lait de vache contient des teneurs plus faibles en vitamines A (rétinol) et E (tocophérol) et en certaines vitamines du groupe B tels que la vitamine B2 (riboflavine), B5 (acide pantothénique) et B9 (acide folique).

Quand à sa composition minérale, le lait camelin se caractérise néanmoins par des taux plus élevés en oligo-éléments, Saitmuratova et *al.*, (2001) ont révélé que les teneurs en fer et en zinc dans ce lait sont respectivement 53 et 20 fois supérieures à celle du lait de vache, tandis que sa composition en macro-éléments (Na, K, Ca, Mg...) est relativement similaire (Mehaia et *al.*, 1995 et Haddadin et *al.*, 2008).

### **I-4-Aptitude du lait de chamelle à la transformation technologique**

Le lait de chamelle ne possède pas une aptitude technologique comparable à celle des laits d'autres mammifères plus largement exploités (vache, brebis) (Siboukeur, 2007).

Selon plusieurs études comparatives avec le lait bovin de nombreuses spécificités liées à cette inaptitude ont été mises en évidence dont une faible teneur en extrait sec ( Kamoun, 1995), une teneur plus faible en caséine  $\kappa$ , une proportion plus importante en caséine  $\beta$

(Kappler et *al.*, 1998 et Ochirkhuyag et *al.*, 1997), des mobilités électrophorétiques différentes (Attia et *al.*, 2000) et un site de clivage de la caséine  $\kappa$  par la chymosine différent (au niveau de la liaison Phe<sup>97</sup>-Ile<sup>98</sup> dans ce lait au lieu de la liaison Phe<sup>105</sup>-Met<sup>106</sup> dans le cas du lait bovin ) (Kappeler et *al.*, 1998). De même, sa micelle de caséine se distingue par un diamètre plus élevé, par une charge minérale et citrate plus importante et par une stabilité physique plus marquée vis-à-vis de l'acidification (Attia et *al.*, 2000).

Au vue de ses particularités, sa coagulation enzymatique aboutit à une affinité limitée pour la présure et à une structuration limitée des gels formés (Ramet, 2003). Par ailleurs, sa fermentation lactique, n'aboutit pas à un caillé mais à de simples flocons dispersés, dépourvus de toute fermeté (Abu-Tarboush, 1994).

En outre, Kamoun (1995) , El Agamy et *al.*, (2000) et Attia et *al.*, (2001) stipulent que le lait de dromadaire a une faible aptitude à l'acidification, qui se traduit par une phase de latence prolongée et par un gradient plus faible dans le développement de la prise d'acidité. Ces auteurs suggèrent que ces différences proviennent de la présence d'un système anti – microbien efficace caractérisé par une forte teneur en lysozyme et en lactopéroxydase ainsi que par un pouvoir tampon plus marqué que pour le lait de vache.

### **I-5-Les produits dérivés**

Les produits dérivés à base de lait de chamelle sont fabriqués de façon artisanale et peuvent être considérés comme des «produits-terroir» fortement associés à une identité culturelle locale et issue d'un savoir-faire ancestral. Parmi ces produits on peut citer : le shubat, le koumis, le gariss et le fric (des boissons fermentés), le kourt (un fromage dur), l'agaran (une crème) et le balkaimak (des caramels ou nougat) (Konuspayeva et *al.*, 2004)

Cependant, les travaux menés sur ce lait ont permis de mieux cerner les difficultés et de les contourner en usant de quelques modifications des procédés utilisés. C'est ainsi que des essais concluants de transformation du lait de chamelle en produits dérivés nouveaux ont été rapportés par plusieurs auteurs, notamment pour la fabrication du lait en poudre (Abu-lehia, 1994), de beurre (Farah et *al.*, 1991 et Rüegg et Farah , 1991), de fromage (Mohamed, 1990, Kamoun, 1995, Mehaia, 1993, Ramet, 1994 , Mehaia, 1994, Siboukeur, 2007 et Boudjenah-Haroun, 2012 ) et de lait fermenté (Farah et *al.*, 1990 , Abu-Tarboush 1996 et 1998, Hashim et *al.*, 2008, Mortada et Omer, 2013, Ibrahim et Khalifa, 2015 et Alaa et khalifa, 2015).

Ces transformations étaient rendus possibles par de l' addition de laits d'autres espèces tels que le lait de brebis (Ramet, 1990 et Jardali, 1994) ou le lait de vache (Mehaia, 1993), par une augmentation de la teneur en matière sèche (Mortada et Omer, 2013) ou l'addition de certains stabilisateurs, (Hashim et *al.*, 2008 et Ibrahim et Khalifa, 2015), par un changement de la nature de l'enzyme coagulante et /ou par l'augmentation de sa concentration, ainsi l'utilisation de la pepsine bovine ou de la présure cameline ont été proposées au lieu de l'utilisation de la présure bovine pour la fabrication des fromages (Wangoh et *al.*, 1993, Siboukeur, 2007 et Boudjenah-Haroun, 2012). Ces extraits enzymatiques possèdent une meilleure affinité pour les caséines camelines et aboutissent à de meilleurs coagulums.

Une autre innovation technique, consistant à la mise au point d'un ferment nommé (Camifloc ND), composé de phosphate de calcium et une enzyme végétale permettant de coaguler le lait de chamelle (El Zubeir et Jabreel , 2008). Ce ferment développé et approuvé par la FAO, a offert une opportunité intéressante aux éleveurs camelins du Sahel (Mali et Niger) de valoriser les excédents laitiers sous forme de fromage (Via Franck et *al.*, 2003).

### **I-6-Composants et propriétés médicinales du lait de chamelle**

Le lait de chamelle est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuses, anticancéreuses, anti-diabétique et plus généralement comme reconstituant chez les malades convalescents (Konuspayeva et *al.*, 2004).

Aujourd'hui, plusieurs recherches en médecines modernes ont confirmé ces vertus (Merzouk, 2015). Ces publications scientifiques ont attribué les facteurs "santé" de ce lait et ses produits transformés à certains de ses composants, qui sont généralement présents dans des laits d'autres espèces mais ils auraient la particularité chez la chamelle d'être thermorésistants et parfois, comme c'est le cas pour la lactoferrine ou la vitamine C de s'y trouver en quantité plus importante par comparaison au lait de vache. (Wangoh, 1993, El-Agamy et *al.*, 2000 et Siboukeur, 2007)

#### **❖ Traitement de la tuberculose humaine**

En Asie Centrale, l'utilisation du lait de chamelle pour le traitement adjuvant de la tuberculose humaine en sanatorium est ancienne (Urazakov et Bainazarov, 1974), ces auteurs affirment obtenir une amélioration marquée des malades et un rétablissement significatif des paramètres sanguins avec un régime de 2 litres de lait de chamelle soit cru, soit fermenté par jour pendant 2 à 4 mois.

En 1982, Yagil a rapporté que les patients qui ont reçu des thérapies standard avec le lait de chamelle cru de 1 litre /jour comme supplément ont pris du poids du corps dû à l'augmentation de l'appétit. En outre, une amélioration radiologique en termes d'expansion du poumon a été également observée. Ces résultats ont été confirmés également en Inde sur des patients tuberculeux buvant un litre de lait par jour (Mal *et al.*, 2000) et en Libye, avec une cure de 1,5 litre /jour, avec un effet bénéfique observable dès la première semaine de traitement (Alwan et Tarhuni, 2000).

### ❖ Traitement de la diarrhée

Le lait de chamelle est riche en facteurs antimicrobiens tels que le lysozyme et la lactoferrine, il est ainsi fréquemment utilisé dans la prévention et la lutte contre les diarrhées (Diarra *et al.*, 2002)

Le lysozyme est une protéine naturellement présente dans les laits de mammifères, mais son activité enzymatique dans le lait de chamelle est plus forte que celle du lait de vache (El-Agamy, 2000). Cet enzyme dans le milieu physiologique est chargé positivement, son pHi étant compris entre 10,5 et 11, par conséquent il se lie électrostatiquement sur les surfaces anioniques des bactéries tels que *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus mutans*, *Actinomyces viscosus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tyrobutyricum*, et *Listeria*, ainsi que sur les levures tels que *Candida krusei*, *Candida parapsilosis*, *Candida albicans*, *Candida glabrata* (Konuspayeva *et al.*, 2004).

Alors que la lactoferrine est une glycoprotéine capable de capter le fer et par conséquent elle contrôle la croissance de certaines bactéries pathogènes tels que *Staphylococcus aureus* ou *Escherichia coli* (Diarra *et al.*, 2002).

Benkerroum *et al.*, (2004) ont prouvé que le lait de chamelle et le colostrum ont un effet bactériostatique sur *Listeria monocytogenes* LMG 13304 pendant les 8 premières heures. Toute fois au-delà de cette période cette activité a été observée seulement pour le colostrum à une température de 20°C.

Le shubat est aussi fréquemment utilisé dans la prévention et la lutte contre les diarrhées, car il est riche en bactéries lactiques qui renforcent ces propriétés antimicrobiennes contre des bactéries pathogènes comme *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*, *Salmonella* et *Escherichia* (Puzyrevskaya *et al.*, 2000 et Saoubenova *et al.*, 2002).

### ❖ **Traitement du cancer et des maladies auto-immunes**

Le lait de chamelle est traditionnellement utilisé comme adjuvant à la chimiothérapie de certains cancers, notamment ceux du tube digestif. Les propriétés immunostimulantes de ce lait sont dû probablement à la lactoferrine, car elle est capable de participer aux processus de prolifération et de différenciation cellulaires (Yagil et Van Creveld, 2000 et Konuspayeva et *al.*, 2004 ).

Il semble également que des résultats probants soient obtenus dans certaines maladies auto-immunes, telles que la sclérose en plaques et l'allergie au lait. En effet Yagil et Van Creveld (2000) stipulent que la matière grasse du lait de chamelle contient en plus des acides gras à longue chaîne et des acides gras à courte chaîne, de la sphingomyéline avec une proportion élevée d'acide nervonique, qui joue un rôle important dans la biosynthèse de la myélines des cellules nerveuses, ces derniers peuvent prévenir ou même guérir la sclérose en plaques.

En outre, le lait de chamelle est conseillé comme un substitut au lait de vache chez les enfants souffrant d'allergie à ce lait, car il ne contient pas de la  $\beta$ -lactoglobuline, l'allergène responsable de cette maladie (Makinen-Kijunen et Palovsvo, 1992 et Shabo et *al.*, 2005).

### ❖ **Traitement du diabète.**

Des études effectuées en Inde ont confirmée une amélioration du statut glycémique chez des diabétiques traités au lait de chamelle. Ces auteurs ont observé une réduction de 30% de la dose d'insuline nécessaire chez les patients insulino-dépendants (Agrawal et *al.*, 2003 et Agrawal et *al.*, 2005)

L'amélioration de ce statut glycémique est dû d'une part au fait que le lait contient une teneur élevée d'insuline (45-128 unité /litres) et d'autre part au fait que ce lait ne caillant pas comme le lait des autres espèces, de ce fait l'insuline présente pourrait être conservée intacte dans l'intestin ou elle pourrait être absorbée (Konuspayeva et *al.*, 2004 et Agrawal et *al.*, 2003).

### ❖ **Autres propriétés thérapeutiques.**

De tous les laits de mammifères collectés pour les besoins de l'homme, celui de la chamelle est le plus riche en vitamine C dont le rôle tonique et reconstituant permettront de lutter contre la fatigue et l'infection sont bien connus (Farah, 1992). Cette vitamine joue

aussi un rôle biologique considérable par ses propriétés anti-oxydantes et il a été montré qu'elle avait aussi une action positive sur la réponse immunitaire des organismes agressés par diverses maladies (Konuspayeva et *al.*, 2004).

Ce lait contient également l'acide orotique qui est responsable de la réduction du cholestérol (Buonopane et *al.*, 1992).



Chapitre II:  
Le lait fermenté

## II-1-Définition

La dénomination "lait fermenté" est réservée au produit laitier préparé avec du lait écrémé ou non enrichi ou non, ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation, fermenté par l'action de micro-organismes appropriés lesquels doivent être viables, actifs et abondants dans le produit jusqu'à la date limite de sa conservation (Décret n°88-1203, 1988)

## II-2-Les différents types de laits fermentés

Il existe un grand nombre de laits fermentés qui diffèrent par leur matière première, leur flore microbienne, leur technologie, leur texture, leur goût et leur durée de conservation. Le tableau N°4 donne une description de quelques types de ces produits et leurs pays d'origine. En Algérie les produits laitiers fermentés commercialisés sont principalement le l'ben et le yaourt, ils sont obtenus généralement à partir du lait de vache (Leksir, 2012).

**Tableau N° 4: Exemples de produits laitiers fermentés et leurs pays d'origine**  
(INRA, 2009)

Non	Pays présumé d'origine	Espèce animal	Description	ferments
<b>Yaourt</b>	Asie, Balkans	Vache	Produit ferme ou brassé, arôme caractéristique.	<i>St. thermophilus</i> <i>Lb. bulgaricus</i>
<b>Lait à l'acidophilus</b>	Etas Units	Vache	Produit ferme, brassé ou liquide, faible arôme	<i>Lb.acidophilus</i>
<b>Kéfir</b>	Caucase	Vache, chèvre, brebis	Boisson brassée, consistance crémeuse, arôme caractéristique	<i>Lc.lactis</i> , <i>Lb.cremoris</i> , <i>Lb.kefir</i> , <i>Lb.casei</i> , <i>Lb.acidophilus</i> , <i>Leuconostoc</i> , levures
<b>Lassi</b>	Inde	Vache	Boisson diluée avec de l'eau, salée, épicée ou sucrée	<i>Lactococcus</i> , <i>Lactobacillus</i> , levures
<b>Dahi</b>	Inde	Vache, chèvre et brebis	Produit ferme ou brassé ou liquide, acide	<i>St.thermophilus</i> , <i>Lb.bulgaricus</i> <i>Lc.diacetylactis</i> , <i>leuconostoc</i>

<b>Leben</b>	Moyen orient et Maghreb	Vache	Produit ferme ou brassé, arôme agréable	<i>S.thermophilus, Lb.bulgaricus, Lb.lactis, Lb.acidophilus, levure,</i>
<b>Filmojolk</b>	Suède	Vache	Boisson brassée visqueuse	<i>Lc.lactis, Lc.cremoris, Lc.diacetylactis</i>
<b>Villi</b>	Finlande	Vache	Boisson brassée visqueuse, acidulé	<i>Lc.lactis, Lc.diacetylactis lc.cremoris, moisissure</i>
<b>Koumis</b>	Mongolie	Vache Jument Chamelle	Boisson pétillante, acide,	<i>Lb. bulgaricus, Lb. acidophilus, levures du genre Saccharomyces</i>
<b>Shubat</b>	Kazakhstan	Chamelle	Boisson brassée visqueuse, acidulé	<i>St. lactis, Lb. bulgaricus, et Saccharomyces</i>

### II-3-Le yaourt

Étant donné que l'objectif de cette étude est l'essai de fabrication d'un yaourt, nous sommes limités à détailler ce lait fermenté.

#### II-3-1-Définition

Selon la norme n°A-11 (a) (1975) du Codex Alimentarius relatif au yaourt et l'article N°2 de l'arrêté interministériel du 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leur mise à la consommation en Algérie, la dénomination "yaourt" ou "yoghourt" est réservée au lait fermenté obtenu par le développement de deux bactéries lactiques thermophiles homo-fermentaires spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent être ensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini à raison d'au moins  $10^7$  UFC par gramme.

En Algérie, la quantité d'acide lactique libre contenue dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0,8 gramme pour 100 grammes de produit.

Cependant la F.I.L. préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité de 0,6 à 15% (< 0,7% pour la Belgique,

<0,8% pour le Canada et < 0,9% pour les Etats-Unis , > 0,7 pour la France, le Portugal et l'Italie, 0,8 pour la Tunisie), alors que beaucoup de pays expriment l'acidité du yaourt directement par le pH final (pH < 4,6 pour l'Espagne, pH < 4,5 pour les Pays-Bas, l'Australie et le Mexique et pH=3,9 pour la Pologne) (Corrieu et Luquet, 2005).

### II-3-2-Différentes étapes de fabrication du yaourt

La fabrication du yaourt, même si elle est connue depuis des temps très lointains demeure un procédé assez complexe et en perpétuelle évolution, car il intègre à chaque fois les connaissances et les progrès réalisés dans des domaines variés tels que la biologie et la chimie (Boubchir-Ladj, 2000).

Globalement, ce processus implique les étapes énumérées ci-dessous.

#### II-3-2-1-Préparation et standardisation du mélange laitier

La standardisation du mélange laitier permet d'ajuster le niveau des composants du lait afin de contrer les variations saisonnières qui sont observées dans l'industrie ainsi elle permet d'obtenir régulièrement un produit de bonne qualité qui répond aux critères d'acceptabilité d'un yogourt (Tamime et Robinson, 1999 et Wu et *al.*, 2009).

Lors de cette étape, le niveau de solides totaux est augmenté jusqu'à 14-16%, soit par l'ajout de poudre de lait (Tamime et Robinson, 1999), soit par l'ajout de concentrés protéiques de lactosérum ou des isolats protéiques de lactosérum à des taux variant entre 0.6 et 4% (Guinée et *al.*, 1995 et Cheng et *al.*, 2000).

En outre, la teneur en matière grasse est aussi ajustée de sorte que le produit entre dans l'une des catégories suivantes :

- Yaourt entier : au minimum 3% de matière grasse.
- Yaourt partiellement écrémé : moins de 3% de matière grasse.
- Yaourt écrémé : au maximum 0,5% de matière grasse (Boubchir-Ladj, 2000).

Dans certains pays, il est d'usage d'ajouter au mélange laitier des agents stabilisants tels que la pectine, la gélatine, la carraghénane, la gomme xanthane, l'amidon et la gomme de caroube (Tamime et Robinson, 1999, Clark et Plotka, 2004 et Sodini et *al.*, 2004).

### II-3-2-2-Homogénéisation

Généralement, l'homogénéisation est effectuée à une pressions oscillent entre 500-2500 psi et à une température de 55-65°C (Lucey et Singh, 1998 et Lucey, 2004).

D'une part, cette étape permet de mélanger de façon homogène les divers ingrédients laitiers ajoutés lors de l'étape de standardisation (Lucey et Singh, 1998). D'autre part, elle réduit la taille des globules gras par cisaillement (Amiot et *al.*, 2002), ainsi elle facilite leur insertion dans les pores du réseau caséique du yogourt (Lucey et Singh, 1998) et elle inhibe le risque du phénomène de séparation entre la phase lipidique et la phase aqueuse causé par la gravité (Tamime et Robinson, 1999).

### II-3-2-3-Traitement thermique

Le lait destiné à la fabrication du yogourt a toujours subi un traitement thermique et ce même de façon traditionnelle (Buliard, 2011).

Plusieurs types de traitements thermiques peuvent être appliqués, allant d'une simple thermisation à une température inférieure à 65°C ne provoquant aucun changement irréversible des constituants laitiers jusqu'à un traitement pouvant frôler les 150°C (Tamime et Robinson 1999). Cependant, les traitements courants sont de l'ordre de 85°C pendant 30 minutes ou 90-95°C pendant 5 à 10 minutes (Trachoo, 2002).

Ce procédé a de multiples effets sur la flore microbienne, il détruit les microorganismes pathogènes et indésirables présents (Walstra et *al.*, 2006) et il crée des conditions favorables aux développements des bactéries lactiques inoculées. En effet, lors de cette étape les inhibiteurs de croissance tels que les lactopéroxydases sont inactivées (Farkye et Imafidon, 1995), les sulfures toxiques sont réduits et un facteur de croissance pour *Lb.bulgaricus* est produit (Loones, 1994, Lucey, 2004 et Lee et Lucey, 2010).

Le traitement thermique a aussi des répercussions sur les propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum car selon la température appliquée elles sont dénaturées et fixées sur les molécules de caséines (Mahaut et *al.*, 2000).

Cette étape influe aussi sur d'autres constituants du lait dont l'équilibre salin. En effet, il a été observé qu'une fraction du calcium soluble pouvait se retrouver dans la phase colloïdale. (Tamime et Robinson 1999).

### II-3-2-4-Ensemencement

Le lait traité thermiquement est refroidi à la température de fermentation (entre 40-45°C) (Loones, 1994 et Tamime et Robinson, 1999) puisensemencé soit par inoculation directe à partir de bactéries lactiques concentrées congelées à des taux de l'ordre de 0,03%, soit par inoculation indirecte avec des ferments repiqué une ou plusieurs fois dans une base de lait à des taux assez élevée variant de 1 à 5% (Sodini et *al.*, 2004).

Le ferment généralement utilisé est composé des deux bactéries spécifiques du yaourt : *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* et *Lactobacillus delbruckii subsp. bulgaricus* à un ratio qui se situe respectivement entre 1/1 ou 2/1 pour le yogourt nature, cependant il peut être augmenté jusqu'à 10/1 dans le cas d'un yogourt aux fruits (Tamime et Robinson, 1999, et Loones, 1994).

Bien que ces deux souches soient capables de fermenter le lait individuellement leurs croissances et leurs métabolismes sont stimulés en culture mixte par rapport à des monocultures (Beal et Corrieu, 1991 et Tamime et Robinson, 1999).

D'après plusieurs études, les mécanismes impliqués au cours de cette association sont fondés sur l'échange de plusieurs facteurs nutritionnels. Courtin et *al.*, (2002) et Courtin et *al.*, (2004) démontrent que *Lb. bulgaricus* fournit aux streptocoques les composés azotés nécessaires à leur croissance, plus précisément la protéase de paroi PrtB de *Lb. bulgaricus* présente une activité protéolytique élevée qui lui permet de libérer des acides aminés comme la valine, l'histidine, la glycine, la leucine, l'isoleucine, la méthionine et des di-peptides. *St. thermophilus* à son tour stimule la croissance de *Lb. bulgaricus* par la production de certains métabolites comme l'acide formique, le CO<sub>2</sub>, l'acide pyruvique et l'acide folique (Perez et *al.*, 1991 et Crittenden et *al.*, 2003).

Étant donné que la température optimale de croissance des streptocoques se situe entre 37 à 42°C alors que celle des lactobacilles se situe entre 40 à 45°C (Monnet et *al.*, 2008) ces souches sont incubées à la température optimum de leurs développements symbiotiques qui se situe entre (40-43°C) afin de favoriser leur synergie (Tamime et Robinson 1999 et Clark et Plotka, 2004).

Ces deux souches peuvent être aussi associées à d'autres bactéries lactiques tels que *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus*

*jugurti*, *Lactobacillus lactis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis* (Leksir , 2012).

### II-3-2-5-Fermentation lactique

La fermentation lactique est l'étape clé permettant la formation du réseau caséique du yogourt (Clark et Plotka, 2004 et Tamime et Robinson, 1999). En effet, au cours de cette étape, les souches inoculées croient et dégradent le lactose présent dans le lait en acide lactique, entraînant ainsi une baisse du pH et la gélification du milieu avec des modifications structurales irréversibles (Ott et *al.*, 1997 et Walstra et *al.*, 2006).

Ce changement structural montre des tendances similaires pour tous les laits et ils impliquent principalement les micelles de caséines (Cayot et Lorient, 1998)

Toute fois, le pH au quel ils débute est spécifique de chaque espèce animale, par exemple pour le lait camelin la déminéralisation des micelles de caséines commence à des pH plus bas par comparaison au lait bovin (pH 5,5 contre pH 6,00 respectivement) et elle atteint son maximum au pH 4,9- 5,0 contre pH 5,4- 5,5 pour le lait de vache (Attia et *al.*, 2000).

Attia et *al.*, (2000) ont visualisé par microscopie électronique à balayage les importantes étapes du changements structural des micelles de caséines du lait camelin. Ils ont observé que ces composants au pH de départ étaient parfaitement individualisés car elles sont chargées négativement et un phénomène de répulsion s'exerce entre elles puis vers le pH 5,5 leurs potentiel de surface (potentiel Zeta) est réduit, ainsi elles commencent à se regrouper, sous des formes globulaires ou linéaires.

Ce phénomène se poursuit peu à peu jusqu'à la perte de leurs charges initiales et l'augmentation de la force ionique du milieu. Vers le pH 5,2, certaines micelles se confondent pour former des amas de différentes tailles alors qu'au pH 5,0, ces amas fusionnent complètement pour aboutir à un véritable réseau tridimensionnel ayant des nœuds linéaires. Cette structure continue de se resserrer pour donner vers le pH 4,7 un réseau très réticulé. Enfin, au pH 4,4 des flocons caséiniques totalement déminéralisées forment un réseau lâche qui présente des nœuds partiellement fragmentés et recouverts d'agrégats bien visibles. Ces agrégations sont reliées entre elles par des liaisons électrostatiques, hydrophobes et van der Waals de faibles énergies (Van Vliet et *al.*, 1991).

De façon générale, le processus de fermentation est d'une durée variante entre 3 et 6 heures jusqu'à l'obtention un pH de 4,6-4,3 (Clark et Plotka, 2004 et Lucey, 2004) tandis que la déminéralisation complète des caséines camelines survient à un pH plus bas (4,4) que celui des caséines bovines (4,6), ce processus dure plus longtemps (Attia et *al.*, 2000).

En outre, au cours de cette étape les bactéries inoculées produisent divers métabolites responsables des saveurs caractéristiques du yogourt comme des acides volatils (acétique, formique, butyrique), des acides non volatils (pyruvique, oxalique, succinique, lactique), des composés carbonylés (acétaldéhyde et diacétyl), des polysaccharides et d'autres molécules provenant de la dégradation de la matière grasse, du lactose et des protéines (Tamine et Robinson, 1999). Ces métabolites participent respectivement à l'élaboration de l'arôme et de la texture des yaourts (Cerning et *al.*, 1990).

### II-3-2-6-Conditionnement et refroidissement

Ces étapes peuvent différer selon le type du yaourt fabriqué.

- Dans le cas des yaourts fermes, le conditionnement en pots est effectué après l'étape de l'ensemencement. Lorsque le pH cible est atteint, la fermentation lactique est arrêtée et le produit est refroidi directement à la température d'entreposage soit par un transfert immédiat des pots dans une chambre réfrigérée ou par le passage dans un tunnel de refroidissement.
- Dans le cas des yaourts brassés, le conditionnement en pots est effectué après les étapes de brassage, de refroidissement, de lissage et d'ajout de fruits. Le réseau caséique initial est brisé dans la cuve à fermentation en différents morceaux sous agitation mécanique à l'aide d'un brasseur à turbine ou à hélice puis refroidi à la température désirée dans un échangeur à plaques ou tubulaire. Une fois ce traitement opéré, le gel brisé est lissé dans un tamis avec des mailles de l'ordre de quelques centaines de micromètres et additionnée d'arôme et de pulpes de fruits.
- Dans le cas des yaourts à boire : le procédé de fabrication est similaire à celui du yaourt brassé auquel est ajoutée l'étape du fouettage pour obtenir une texture plus liquide. Après l'obtention de la consistance souhaitée, le yaourt est conditionné dans des bouteilles de différentes tailles (Tamine et Robinson, 1999 et Lucey, 2004).

### II-3-2-7-Conservation et post acidification

Les yaourts fabriqués sont alors conservés au froid (entre 2-4°C) jusqu'à leur vente au consommateur. En général, la durée limite de leur conservation est de 28 jours car au cours de cette période, les bactéries lactiques maintiennent une activité métabolique réduite qui se traduit par une légère baisse du pH appelé post-acidification (Gentès, 2011).

### II-3-3-Propriétés rhéologique des yaourts et les différentes méthodes de caractérisation

#### II-3-3-1-modèles de caractérisation des gels acides

La transformation du lait en yaourt s'accompagne de la mise en place d'une structure complexe et d'un changement important des propriétés rhéologiques en passant d'un liquide newtonien à un liquide rhéofluidifiant dont la viscosité diminue quand la vitesse de cisaillement augmente. (Barnes et *al.*, 1993, De Lorenzi et *al.*, 1995, Duboc et Mollet, 2001 et Patoka, 2006)

Deux modèles mathématiques sont fréquemment utilisés pour décrire ce comportement : le modèle d'Herschel-Bulkley ( $\eta_a = K \dot{\gamma}^{n-1} + \tau_0/\dot{\gamma}$ ) et le modèle d'Ostwald-de Waele (la loi de puissance). Cette dernière est utilisée seulement dans le cas du yaourt brassé car le seuil d'écoulement est nul. (Mullineux, 2008 et Ramchandran et Shah, 2009).

$\eta_a$  : viscosité apparente à la vitesse de cisaillement ( $\dot{\gamma}$ ),  $K$  : indice de consistance,  $n$  : indice d'écoulement,  $\tau_0$  : seuil d'écoulement.

En outre, le yaourt est défini comme un fluide viscoélastique à destruction non réversible qui possède à la fois les propriétés visqueuse d'un liquide et les propriétés élastique d'un solide (Paci Kora, 2004).

Afin de caractériser les propriétés rhéologiques de ce produit, plusieurs appareils de laboratoires sont utilisés à savoir le viscosimètre Brookfield, les rhéomètres rotatifs, les pénétromètres et l'entonnoir de Posthumus.

Les pénétromètres sont largement utilisés pour caractériser la fermeté du yaourt ferme ou du yaourt brassé avant son brassage.

Le viscosimètre Brookfield et l'entonnoir de Posthumus sont des appareils simples, ils permettent de mesurer uniquement les propriétés visqueuses (viscosité apparente) tandis que les rhéomètres permettent de mesurer les propriétés viscoélastiques.

De ce fait, une caractérisation plus complète des propriétés rhéologiques des yaourts brassés est obtenue à l'aide des rhéomètres rotatifs, deux types de mesures sont possibles :

- À vitesse imposée : la vitesse de rotation ou la déformation sont imposées
- À contrainte imposée: un couple de torsion est imposé (Paci Kora, 2004).

### II-3-3-2-Paramètre affectant les propriétés rhéologiques du yaourt

La fabrication du yaourt peut engendrer certains défauts de qualité comme une texture inadéquate ou la synérèse (Paci Kora, 2004). Plusieurs auteurs ont étudié les facteurs optimaux des étapes de préparation de ce produit et ont proposé les méthodes suivantes pour contrôler et/ou éviter ces défauts.

- ❖ La maîtrise de l'étape de standardisation des mélanges laitiers.

La qualité primaire du lait ainsi que la nature et la concentration des additifs ajoutés lors de cette étape influe les propriétés finales du yogourt. En effet, l'augmentation de la teneur en solides totaux et la teneur en protéines sériques améliore significativement la fermeté du gel et la rétention du lactosérum (Tamine et Robinson, 1999, Puvanenthiran et *al.*, 2002, Williams et *al.*, 2003 et Sodini et *al.*, 2004). Par contre, une concentration excessive de ces derniers entraîne une texture granuleuse (Dave et Shah, 1998).

- ❖ Optimisation des paramètres de fabrication

Le traitement thermique est un des facteurs les plus importants à maîtriser puisque ce dernier permet la dénaturation des protéines sériques. La  $\beta$ -lactoglobuline représentant près de 80 % des protéines sériques, joue un rôle non négligeable dans la formation d'un réseau caséique de fermeté adéquate. Sans traitement thermique, le gel formé est faible (Lucey et *al.*, 1999).

La température d'incubation influe aussi le processus de formation de gel car une température élevée favorise la formation des liens hydrophobes et donc entraîne la formation d'un gel plus rapide avec un réseau caséique plus compact (Haque et *al.*, 2001 et Laligant et *al.*, 2003). De plus, elle influence la production d'EPS par certaines bactéries lactiques

(Sodini et *al.*, 2004). ces EPS permettent d'améliorer non seulement la viscosité du yaourt, ils améliorent aussi les caractéristiques sensorielles comme l'onctuosité (Folkenberg et *al.*, 2005).

Le pH final a un rôle primordial puisque un pH final trop élevé (> pH 4.6) ne permet pas la formation d'un réseau caséique adéquat et un pH trop acide donne un yogourt ayant un goût plus acidulé (Sodini et *al.*, 2004).

Le refroidissement augmente aussi la fermeté du gel acide, ceci est dû au remplacement progressif des liens hydrophobes entre les caséines par des liens non-covalents de type hydrogène, dipolaire et électrostatique (Haque et *al.*, 2001).

### ❖ Ajout d'agents stabilisants.

En industrie alimentaire, les agents stabilisants fréquemment utilisés sont la pectine, la gélatine, la carraghénane, la gomme xanthane, l'amidon et la gomme de caroube. Ils peuvent être ajoutés séparément ou en mélange (synergie) (Clark et Plotka, 2004 et Sodini et *al.*, 2004)

Cependant, selon plusieurs études la concentration et le type de l'agent ajouté influe sur les propriétés rhéologiques/physiques finales du yogourt. Selon une étude comparative effectuée par Hess et ses collaborateurs (1997) un yaourt additionné de pectine et d'amidon modifié est plus ferme que celui additionné de gélatine, carraghénane, gomme de caroube et dextrose. Toutefois, l'ajout d'une quantité excessive de pectine (> 0.2%) donne un yogourt à texture granuleuse avec une faible capacité de rétention d'eau (Olsen, 2003).

## II-4-Yaourt à base du lait camelin

La fermentation lactique du lait camelin n'aboutit pas à un caillé mais à de simples flocons dispersés, dépourvus de toute fermeté (Abu-Tarboush, 1994). En outre, elle est caractérisée par une phase de latence prolongée et par un gradient plus faible dans le développement de la prise d'acidité par comparaison au lait de vache. (Kamoun, 1995, Abu-Tarboush, 1996, El Agamy et *al.*, 2000, Attia et *al.*, 2001 et Alim et *al.*, 2005).

Ces auteurs suggèrent que ceci est dû à une faible concentration en caséine Kappa, un large diamètre des caséines et à la présence d'un système anti-microbien efficace caractérisé par une forte teneur en lysozyme, en lactopéroxydase ainsi que par un pouvoir tampon plus marqué que pour le lait de vache.

Cependant, des travaux récemment menés sur ce lait ont contourné ces problèmes en usant de quelques modifications des procédés utilisés.

En effet, il en ressort de tous ces travaux, qu'un meilleur coagulum est obtenu soit en augmentant la teneur en matière sèche du lait camelin soit par addition de lait en poudre (Mortada et Omer, 2013), soit par addition de certains stabilisateurs tels que la gélatine, l'alginate, la gomme d' guar et le sodium carboxyméthyl (Hashim et *al.*, 2008 et Ibrahim et Khalifa, 2015).

En outre, l'addition de fibre d'orange au lait camelin a amélioré non seulement la texture et la viscosité du yaourt obtenu mais aussi la croissance des souches inoculées (Alaa et *al.*, 2015)

### **II-5-Autres laits fermentés à base de lait de chamelle**

La majorité des laits fermentés de chamelle sont fabriqués de façon artisanale et peuvent être considérés comme des «produits-terroir» fortement associés à une identité culturelle locale et issue d'un savoir-faire ancestral tels que le Gariss ou Kashieb au Soudan, le koumis en ex-Union Soviétique, l'airag en Mongolie, le shubat au Kazakhstan et le doiran au Turkménistan.

Certains de ces laits fermentés sont fabriqués à l'échelle industrielle mais leur préparation relève essentiellement d'une technologie artisanale comme le shubat active au Kazakhstan, le Chal et l'Agaran au Turkménistan (Konuspayeva, 2007).



Chapitre III:  
Les plantes  
utilisées

### **III-1-Le gingembre (*Zingiber officinale*)**

#### **III-1-1-Description botanique et classification du gingembre**

Le gingembre est une plante vivace tropicale herbacée, appartenant à la famille des *Zingibéracées*. Elle pousse dans les régions ensoleillées et humides, la hauteur de sa tige peut atteindre 3 m de haut (Faivre et *al.*, 2006)

La seule partie utilisée de cette plante est la partie souterraine (le rhizome). Ce dernier est constitué de tubercules globuleux ramifiés, parfumé, de couleur beige pâle (Gigon, 2012). Il est utilisé soit frais ou séché non décortiqué (gingembre gris) ou décortiqué complètement (gingembre blanc) ou en partie (Lackham, 2014)

Selon Faivre et *al.*, (2006) et Gigon, (2012), la classification botanique du gingembre est la suivante :

Règne : Plantae

Division : Angiospermes(ou Magnoliophyta)

Classe : Liliopsida (ou Monocotylédones)

Ordre : Zingibérales(ou Scitaminales)

Famille : Zingibéracées

Genre : Zingiber

Le gingembre est principalement cultivé en Inde et dans tout le Sud-est asiatique notamment en Chine, en Indonésie et aux Philippines, mais aussi en Afrique tropicale (Nigeria) (Gigon, 2012). Il est surtout commercialisé sous sa forme séchée (Borget, 1991). Les principaux pays importateurs sont la Communauté Européenne et les États-Unis (Nyabyenda, 2006)

#### **III-1-2-Étymologie**

Le terme « Gingembre » apparaît pour la première fois en 1256 dans un ouvrage écrit. En grec il est dénommé *ziggiberis* et en latin *Zingiber*. Ces derniers sont dérivés du sanskrit *shringavera*, qui signifie « en forme de bois de cerf » (Perotto, 2013)

### III-1-3-Composition chimique du rhizome du gingembre

Plusieurs études phytochimiques ont montré que le rhizome du gingembre est très riche en amidon (40,4-59%) (Gigon, 2012), en protéines (13-34%) et en minéraux essentiels tels que le calcium (0,28 %) et le fer (0,27 %) (Latona et *al.*, 2012).

Il renferme aussi des lipides qui se composent de l'huile essentielle (1 à 2,5%) et de l'huile fixe dont l'acide oléique, l'acide linoléique sont les deux acides gras insaturés majeurs (10 %).

En outre, le rhizome de gingembre contient un complexe oléorésineux et une enzyme protéolytique, la zingibaine (Gigon, 2012).

L'odeur du gingembre dépend principalement de son huile essentielle qui est composée principalement de l' $\alpha$  zingiberene, curcumene et  $\beta$ -sesquiphellandrene. Des hydrocarbures monoterpénoides sont présents aussi mais en faible concentration comme le camphene, le limonene, le neral et le geranial.

Cependant la saveur brûlante de cette plante est attribuée à l'oléorésine qui est composée de constituants biologiquement actifs, tels que les gingerols, les shogaols, les paradols et les zingerones (Jolad et *al.*, 2004 et Singh et *al.*, 2008)

La composition et la qualité des rhizomes de gingembre varient considérablement selon les conditions climatiques, la nature du sol, les méthodes de culture (Wilson et *al.*, 2013) et selon le type du rhizome frais ou secs (Ali et *al.*, 2008).

### III-1-4-Différents domaines d'utilisation du gingembre

#### III-1-4-1-Utilisation en agroalimentaire

Le gingembre ou rhizome de *Zingiber officinale* est l'une des épices les plus prisées mondialement du fait de son caractère aromatique et de son âcreté (Borget , 1991). Il fut l'une des premières épices orientales commercialisées dans le bassin méditerranéen probablement grâce aux phéniciens (avant le IV<sup>e</sup>me siècle avant J.C.) (Perotto, 2013)

Cette plante est l'une des épices les plus fréquemment utilisés en particulier dans les pays d'Asie du Sud-est et la chine. Elle est utilisée soit sous sa forme séchée ou fraîche dans la préparation des sauces, des soupes, des compotes de fruits et des salades vertes ainsi pour la préparation des viandes et des poissons (Rong et *al.*, 2009).

Il est aussi utilisé dans l'industrie agroalimentaire comme un ingrédient dans certaines poudres de curry, marinades, sauces, chutneys, sirops, confitures, pain d'épices et biscuits. En Angleterre, il est utilisé en grandes quantités dans la production de soda au gingembre (Wilson et *al.*, 2013).

#### **III-1-4-2-Utilisation en médecine traditionnelle**

Le rhizome de gingembre a été utilisé depuis l'antiquité dans la médecine alternative grecque, romaine, asiatique, indienne, sri-lankaise, tibétaine, méditerranéenne et arabo-musulmane. Il est utilisé traditionnellement pour traiter les rhumes, les maux de tête, les nausées, les troubles gastriques, la diarrhée, l'arthrite, les affections rhumatismales, les douleurs musculaires et la dyspepsie. Il est utilisé également en tant que carminatif, diaphorétique, antispasmodique, expectorant, stimulant circulatoire, astringent et stimulant de l'appétit. (Charles, 2013).

Il a été cité par le coran \*Et la, ils seront abreuvés d'une coupe dont le mélange sera de gingembre, puisé là-dedans à une source qui se nomme Salsabila.\* (sourate n°76 Al-Insan, versets 17).

#### **III-1-5-Propriétés pharmacologiques**

Plusieurs recherches sur la phytochimie de cette plante ont mené à l'isolement et l'identification d'un grand nombre de composés biologiquement actifs, comme les gingérols, les gingerones et les shogaols possédant diverses propriétés pharmacologiques (Schwertner et Rios, 2007)

Il a été démontré que les gingérols ainsi que les shogaols ont des propriétés pharmacologiques imitant les médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens sur des leucocytes humaines (Ali et *al.*, 2008), en effet des essais cliniques comparatifs avec le diclofénac en gel ont montré que son effet analgésique est moins efficace que celui du gingembre (Ali et *al.*, 2008 et Nikbakht , 2011)

Une autre étude comparative avec l'indométacine a montré que l'action anti-inflammatoire des deux produits est équivalente pour le traitement de la douleur liée à l'arthrose du genou, cependant l'ingestion du gingembre par voie orale présente une meilleure tolérance (Haghighi , 2006)

D'autres études ont montrées que ces deux composants ont aussi une action antiémétique. Ensiyeh et Sakineh, (2009) et Ozgoli et *al.*, (2009) déclarent que leurs efficacités seraient comparables à celle du métopoclopramide avec absence d'effets secondaires et néfastes tant sur la grossesse que sur la mère. En effet, ils ont une efficacité comparable à la vitamine B6 dans la diminution des nausées matinales de la femme enceinte.

En outre, d'autres essais cliniques confirment l'efficacité du gingembre utilisé comme supplément pour lutter contre les nausées et les vomissements postopératoires (Chaiyakunapruk et *al.*, 2006) et chimiothérapique (Levine et *al.*, 2008 et Pillai et *al.*, 2011)

L'OMS (2004-2007) et la Coopération Scientifique Européenne en Phytothérapie reconnaît comme « cliniquement justifié » l'usage du Gingembre dans « la prévention des nausées et des vomissements dus au mal des transports et au mal de mer, ainsi que ceux liés à une intervention chirurgicale ou à la grossesse ».

En plus des propriétés déjà citées, plusieurs essais cliniques ont démontré des actions antioxydantes (Stoilova et *al.*, 2007) et anti-cancérigènes (Shukla et Singh, 2007) du gingembre. Récemment, il a été démontré aussi que le gingembre augmente la captation du glucose par les cellules musculaires indépendamment de l'insuline (Li et *al.*, 2012).

### III-1-6-Posologie conseillées pour le rhizome de gingembre

La posologie dépend de l'affection traitée et de la forme utilisée, le tableau suivant illustre les différentes posologies conseillées pour le gingembre.

**Tableau N°5 : les différentes posologies conseillées pour le rhizome de gingembre  
(Faivre et *al.*, 2006)**

<b>Forme du rhizome</b>	<b>Dose d'administration</b>
<b>Racine sèche</b>	Infusion de 1 g pour 150 ml/jour
<b>Poudre</b>	De 0,5 à 1,5 g/jour
<b>Extrait fluide</b>	De 0,6 à 1,8 g/jour ou 1 à 5 ml en 3 ou 4 fois par jour
<b>Extrait sec</b>	3 ou 4 fois 250 mg d'extrait sec aqueux par jour
<b>Jus de rhizome frais</b>	De 5 à 10 ml par jour
<b>Huile essentielle</b>	De 2 à 4 gouttes avant les repas dans un demi-verre d'eau chaude ou de tisane de plante digestive

### **III-1-7-Toxicité du gingembre**

Le gingembre est généralement considéré comme une plante médicinale sans danger (Rong et *al.*, 2009). La littérature scientifique abondante sur cette plante ne met pas en évidence une toxicité particulière (Gigon, 2012).

Toutefois, des doses supérieures à 5 grammes par jour peuvent augmenter le risque d'effets indésirables et diminuer la bonne tolérance. En effet, des doses excessives de gingembre peuvent augmenter le risque de saignements et peuvent provoquer des hypoglycémies pouvant nécessiter des modifications dans les doses de médicaments antidiabétiques (Navarette et Saussays, 2011). Il peut aussi chez certaines personnes entraîner des irritations gastriques et des crampes intestinales (Chrubasik et *al.*, 2005)

## III-2- Le lin (*Linum usitatissimum*)

### III-2-1-Description botanique et classification du *Linum usitatissimum*

Le lin cultivé (*Linum usitatissimum*) est une plante annuelle herbacée appartenant à la famille des Linacées (Bloedon et Szapary, 2004). Elle a une tige dressée et fibreuse qui se ramifie en forme de corymbe et qui peut atteindre 60 à 80 cm de hauteur, ces feuilles sont lancéolées et ses fleurs sont bleu vif (Pradhan et *al.*, 2010).

C'est une espèce hermaphrodite et hypogyne dont les fruits sont des capsules à cinq loges contenant une dizaine de graines au maximum (Plant Biosafety Office 1994), ces dernières séchées et mûres sont la seule partie utilisée (Wichtl et Anton, 2003).

Ces graines ont une forme ovale, aplatie et lisse avec une extrémité plus ou moins recourbé, leurs couleurs varient du brun foncé au jaune, elles sont de 3,0 à 6,4 mm de longueur, 1,8 à 3,4 mm de largeur et 0,6 à 1,5 mm d'épaisseur en moyenne. Elles ont une texture croquante et moelleuse possédant un goût agréable de noisette (Carter, 1993).

Le lin est cultivé dans de nombreuses régions du monde (Amérique du Nord, Australie, Europe, Asie) et plus exactement dans 44 pays avec une production de graines de 2,52 millions de tonnes en 2013. Le Canada est le plus grand producteur de lin, avec 1,3 million de tonnes de graines de lin suivie par la Chine, les États-Unis et l'Inde (Jhalla et Hall, 2010, Rubilar et *al.*, 2010 et Ganorkar et Jain, 2013).

Selon Plonka et *al.*, (1956) la classification botanique de cette plante est la suivante :

Classe : Dicotylédones

Famille : Linacées

Genre : *Linum*

Espèce : *Usitatissium*

### III-2-2-Étymologie et dénominations internationales

*Linum* est un terme dérivé d'un mot celtique signifiant en filature alors que le mot *usitatissimum* est un mot latin signifiant « lin le plus utile » (Kolodziejczyk et Fedek, 1995).

Weill et Mairesse (2010) et Vaisey-Genser et Morris (2003), révèlent que ce nom latin est amplement mérité, il fait référence aux multiples utilisations de cette plante.

*Linum usitatissimum* est appelé zerf'atl-kettân dans les pays arabes et lin en France (Sijelmassi, 1993).

### III-2-3-Composition chimique de la graine de lin

La graine de lin se compose principalement d'huile (30 à 45 %) dont l'acide palmitique (4 à 6 %), l'acide stéarique (2 à 3 %), l'acide oléique (10 à 22 %), l'acide linoléique (12 à 18 %) et l'acide linolénique sont les acides gras prédominants (Daun et *al.*, 2003 et Gutiérrez et *al.*, 2010).

Elle se compose également de 10 à 30 % de protéines de stockage (Oomah, 2003) qui sont constituées principalement d'acide glutamique (19,6 g/100g de protéines), d'acide aspartique (9,3 g/100g de protéines) et d'arginine (9,2 g/100g de protéines) (Chung et *al.*, 2005 et Czemplik et *al.*, 2011). Elle contient aussi des teneurs élevées en acides aminés essentiels comme la leucine (5,8 g/100g de protéines), la phénylalanine et la valine (4,6 g/100g de protéines), l'isoleucine et la lysine (4,0 g/100g de protéines) ainsi que la thréonine (3,6 g/100g de protéines) (Morris, 2003)

Selon plusieurs auteurs, ces grains sont riches également en fibres alimentaires, Hadley et *al.*, (1992) et Cui (2001) ont reportées celles contiennent 20 à 30% de fibres insolubles et 9 à 10% de fibres solubles (Youn Young et *al.*, 2014)

Ces fibres insolubles sont composées de 7% de cellulose et de 11% de lignine, alors que les fibres solubles appelées également mucilage sont composés d'une fraction de polysaccharides neutres constituée essentiellement de 62,8 % d'xylose, de 16,2 % d'arabinose, de 13,6 % de glucose et de 7,4 % de galactose et d'une fraction de polysaccharides acides constituée majoritairement de 54,5 % de L-rhamnose, de 23,4 % d'acide  $\alpha$ -galacturonique, de 10 % de L-fucose et dans une moindre mesure de galactose, de 6 % d'xylose, de 2 % d'arabinose et de 4,5 % glucose (Warrand et *al.*, 2003 et Guilloux et *al.*, 2009).

Le deuxième composant glucidique identifié dans la graine de lin mais en faible quantité est l'amidon (1 à 2%) (Oomah et *al.*, 1995). Il est composé d'amylose (polymère linéaire de glucose lié par des liaisons  $\alpha$ 1-4) et d'amylopectine (polymère linéaire de glucose lié en  $\alpha$ 1-4, présentant des ramifications de glucose lié en  $\alpha$ 1-6 (Acket et *al.*, 2011).

Les graines de lin contiennent également une teneur élevée en lignane, notamment le secoisolaricirésinol di-glucoside (SDG) (26 mg/g de graines) (Nesbitt et *al.*, 1999 et Czemplik et *al.*, 2011).

La composition de la graine (pour un génotype donné) peut varier en fonction de son degré de maturité, ainsi que des conditions biotiques et abiotiques de culture (Hall et *al.*, 2006).

### **III-2-4-Différents domaines d'utilisation de la graine de lin**

#### **III-2-4-1-Utilisation en agroalimentaire**

Depuis des temps antiques et vraisemblablement depuis l'époque néolithique, les peuplades ont consommés les graines de lin cru. Aujourd'hui auréolées de leur grande richesse en oméga 3 et en protéines, les graines concassées servent de complément alimentaire naturel. Elles font partie de la longue liste des espèces végétales que l'on peut manger sous forme de graines germées (Iserin, 2001)

En Asie, elles sont consommées en mélange avec d'autres graines (souvent des céréales), toutes fois en Afrique, notamment en Éthiopie, elles sont grillées, écrasées, quelquefois mélangées à de la pomme de terre, relevées par des épices dans des petits pains locaux. Elles sont aussi appréciées en soupe ou dans des boissons non alcoolisées.

Dans les pays industrialisés comme ceux de l'Europe et de l'Amérique du Nord, elles ont investi le domaine de la diététique. Elles servent à saupoudrer les salades, certains plats et les crudités.

Les graines de lin entières ou moulues sont utilisées dans les produits de boulangerie et pâtisseries. Les graines entières trempées dans l'eau pendant 10 à 20 minutes sont incorporées avant la cuisson dans les pâtes à pain (Manthey et *al.*, 2002 et Morris, 2003), les pâtes des muffins (Pohjanheimo, 2006), les pâtes des bagels et les barres de collation non cuites (Kozlowski, 2012 et Aliani et *al.*, 2011).

Cependant, lors de l'incorporation de ces graines dans les produits cités, la formulation et les conditions de transformation peuvent nécessiter des modifications, par exemple la quantité de matières grasses requises dans la formule peut être réduite afin de compenser la contribution des matières grasses contenues dans les graines de lin (Nesbitt et Thompson, 1997) ainsi que la température de cuisson (Aliani et *al.*, 2001). Alors que, la quantité d'eau

doit être augmentée d'un montant égal à 75% du poids des graines de lin incorporées, ainsi que la quantité de levure (généralement 25%). Ceci en raison des niveaux élevés de fibres présentes dans les graines de lin moulues (Nesbitt et Thompson, 1997). En outre, la vitesse et le temps du mélange ainsi que la période de fermentation peuvent nécessiter une modification afin de permettre une hydratation complète de la pâte et les changements dans ses propriétés durant la manipulation (Aliani et *al.*, 2001).

Bien que la graine de lin ait une saveur de noix agréable, un goût légèrement amer peut être transmis en fonction du niveau d'inclusion. Cela peut être attribuable à la présence de peptides (cyclolinopeptide E). Selon Nesbitt et Thompson (1997) et Aliani et *al.*, (2011) l'ajout seulement de 15% de graines de lin moulues dans les produits de boulangerie et pâtisseries a été recommandé.

Plusieurs études ont démontrés que les niveaux d'acide alpha linoléique et de lignanes dans les graines de lin entières moulues sont stables dans les produits de boulangerie et pâtisseries sous des conditions normales de cuisson (Chen et *al.*, 1994). En effet, selon Nesbitt et Thompson (1997) le niveau d'acide alpha linoléique a été inchangé dans les pâtes après ébullition, et les niveaux de lignanes se sont également révélés stables dans les crêpes après cuisson.

#### **III-2-4-2-Utilisation en médecine traditionnelle**

La consommation des graines de lin et son huile est aussi ancienne que sa culture. Dioscoride, au 1 siècle de notre ère, indique que les graines cuites dans du miel, de l'huile et de l'eau ramollissent « toutes les inflammations du dedans et du dehors », la farine des graines mélangée avec des figues traite les hémorroïdes et elle fait venir les apostumes [abcès] à maturité, cependant son l'huile guérit les brûlures.

Dans les pratiques traditionnelles des siècles derniers, les infusions de graines de lin prises en gargarisme ou en collyre, étaient employées pour calmer les inflammations. La farine de lin est utilisée par les chirurgiens en cataplasme pour calmer les inflammations et les brûlures de la peau, elle est appliquée sur les furoncles et les anthrax pour calmer les ulcérations et drainer le pus.

De nos jours encore, l'huile de lin et son mucilage est utilisé pour soigner la constipation, les gastrites ainsi que le syndrome de l'intestin irritable, les cystites et les coliques néphrétiques (Iserin, 2001)

### **III-2-5-Aspect pharmacologique**

La graine de lin est l'une des sources végétales les plus riches en lignanes, particulièrement le sécoisolaricirésinol (SDG) (Adolphe et *al.*, 2010).

De nombreux travaux de recherches ont montré que ce composant possède des propriétés bactéricides, antivirales, anti-tumorales, anti-oxydantes de type phytoestrogènes intéressant les industries pharmaceutiques et cosmétologiques (Basch, 2001, Lainé et *al.*, 2007 et Lamblin et *al.*, 2008). Tout particulièrement, le SDG est capable de piéger les formes radicalaires de l'oxygène révélant des activités intéressantes contre les cancers (Kitts et *al.*, 1999, Basch et *al.*, 2001, Prasad, 2000). Il est également capable de protéger spécifiquement les cellules épithéliales et les cellules du colon exposées à des dommages de l'ADN et des liposomes (Rajesha et *al.*, 2006).

Le SDG présente aussi un intérêt dans la prise en charge des symptômes de la ménopause car il est transformé par la flore intestinale en entérolactone et entérodiol capables de se fixer sur les récepteurs aux oestrogènes. Selon une étude effectuée par Pruthi et *al.*, (2012), la fréquence des bouffées de chaleur a été réduite de 50 % chez les femmes traitées quotidiennement par 40 g de graine de lin pendant 6 semaines.

La graine de lin est utile aussi pour le traitement de la constipation. En effet, lorsqu'elles sont mélangées à de l'eau tiède, elles augmentent de volume et les mucilages présent forment un gel qui n'est pas assimilable par l'organisme, il permet ainsi de stimuler le péristaltisme, de lubrifier les selles et d'apaiser les douleurs abdominales (Harman, 2007, Weill and Mairesse, 2010)

En outre, des propriétés hypocholestérolémiantes lui sont également attribuées (Aigueperse, 2014).

### **III-2-6-Toxicité et effet indésirable de la graine de lin**

Les graines de lin doivent être utilisées avec précaution, puisque il existe un risque d'occlusion intestinale ou oesophagienne en particulier si elles sont avalées sans quantité de liquide suffisante (d'au moins 150 ml d'eau) (Alonso, 1996) ou associé à des substances diminuant la motilité intestinale telles que le lopéramide et d'autres dérivés opioïdes (Werner et Merz, 2006).

Ces graines sont contre-indiquées en cas d'antécédents personnels ou familiaux de cancer hormonaux dépendants tels que le cancer du sein ou des ovaires, car la lignane contenue dans le lin fait partie des phytoestrogènes et par conséquent peut alimenter directement une tumeur oestrogéno-dépendante.

Ces graines sont également contre-indiquées dans toutes les maladies liées à la thyroïde puisque elles contiennent les cyanogènes qui sont convertis dans l'organisme en plusieurs étapes en thyocyanate, un composé qui inhibe l'utilisation de l'iode par la glande thyroïde. (Mazza et Oomah, 1995 et Hernier et *al.*, 2004).

### III-3-la nigelle (*Nigella sativa*)

#### III-3-1-Description botanique et classification de *Nigella sativa*

*Nigella sativa* est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille *Ranunculaceae* (Akram Khan, 1999, Suresh Kumar Tiruppur et *al.*, 2010, Saghir Akhtar Ali et *al.*, 2012 et Gharby et *al.*, 2015).

Cette plante est hermaphrodite à reproduction autonome dont le fruit est une capsule formée de 3 à 6 carpelles soudés entre eux (Bonnier, 1990). Chaque capsule contient plusieurs graines triangulaires blanchâtres, à maturité ces capsules s'ouvrent par une fente interne et exposent les graines à l'air, ce qui les rend noires (Schleicher et *al.*, 1998 et Wichtl et Anton, 2003).

Ces graines sont de couleur noir à l'extérieure et blanche à l'intérieure, de 2 à 3,5 mm de long et d'une épaisseur de 2 mm, de forme ovale, elle est tri- ou quadrangulaire. Leurs surfaces présentent un fin réseau et elles peuvent être rugueuses. Au broyage elles dégagent une odeur fortement aromatique, elle évoque le cumin ou pour certains l'origan, leur saveur est amère puis légèrement piquante et poivrée (Anton et *al.*, 2005)

Selon Sandeep Gaur (2015) la classification botanique de cette plante est la suivante :

Règne : Plantae

Division : Angiosperms

Classe : Eudicotyledone

Ordre: Ranunculales

Famille: Ranunculaceae

Genre: *Nigella*

*Nigella* est cultivé pour ses graines dans diverses parties du monde (Cevdet et *al.*, 1993), tels que les pays du bassin méditerranéen (Akram Khan, 1999 et Suresh Kumar Tiruppur et *al.*, 2010), le Moyen-Orient, l'Europe de l'Est et l'Asie occidentale (Aljabre et *al.*, 2005).

#### III-3-2-Étymologie et dénominations internationales

La couleur noire des graines est à l'origine de l'appellation de la plante *Nigella sativa*, en effet, en Latin « nigellus » est le diminutif de « niger » qui signifie noir (Hegi, 1975).

Toute fois, dans le commerce on retrouve *Nigella sativa* sous différentes dénominations dont : Al-Habba Al-Sawdaa ou Habbat el baraka dans les pays arabes (Sandhu et Rana, 2013), le cumin noire en Angleterre, le carvi noire aux États-Unis (Akram khan, 1999), le Kalonji au Pakistan (Sultan et *al.*, 2009 et Muhammad Sajjad Iqbal et *al.*, 2010).

### III-3-3-Composition chimique de la graine de *Nigella sativa*

Historiquement, Les premières recherches sur la composition des graines de *N. sativa* ont débuté en 1880 par Greenish. Aujourd'hui, la composition et les propriétés de cette espèce ont été bien étudiées en particulier chez les musulmans (Sandhu et Rana , 2013).

Les études phytochimiques effectuées ont révélées que ces graines sont une importante source de protéines, de glucides, d'acides gras essentiels, de vitamines et de minéraux (Cheikh-Rouhou et *al.*, 2007 et Durrani et *al.*, 2007).

En effet, elles sont riches en protéines (Cevdet et Semih, 1993 et Al-Jassir, 1992) de masse moléculaire allant de 10 à 94 kDa (Haq et *al.*, 1999). L'analyse de l'hydrolysate de ces protéines révèle la présence de 15 acides aminés dont l'acide glutamique, l'acide aspartique et l'arginine sont les plus dominants (Al-Jassir, 1992 et Al-Awadi, 1998).

Ces graines contiennent aussi des monosaccharides tels que le glucose, le ramnose, l'xylose, l'arabinose et des polysaccharides non amidonnés sous forme de fibres alimentaires (Zahoor et *al.*, 2004 et Al-Naqeep et *al.*, 2009). Al-Naqeep et *al.*, (2009) ont montré qu'elles contiennent 36,88±1,44% des fibres totales dont 27,10 ±0,55 % fibres insolubles et 8,90±1,17% fibres solubles.

Selon Toma et *al.*, (2004) ces dernières sont des amorphes blanc-brun solides, solubles dans l'eau froide à pH 5,5. Ces auteurs déclarent également que ce mucilage se compose de 26,08% d'acide galacturonique, de 11,40% d'acide glucuronique, de 12,39% de galactose, de 18,21% de glucose, de 20,03% d'arabinose et de 11,89% de ramnose.

En outre, les lipides de *N. sativa* se composent principalement de l'huile fixe (32- 40 % (Randhawa et Al-Ghamdi, 2002) dont l'acide oléique et l'acide linoléique sont les deux acides gras insaturés majeurs alors que l'acide palmitique, l'acide stéarique et l'acide myristique sont les acides gras saturés prédominants (Al-Jassir, 1992). Elle est riche aussi en sitostérol (Atta, 2003).

Les graines de *N. sativa* contiennent également une faible concentration d'huile volatile représentant 0,4 à 0,7% du poids des graines (Randhawa et Al-Ghamdi, 2002). Cette huile se compose de : la thymoquinone, la dithymoquinone, les thymohydroquinones, la nigellone, la p-cymène, l' $\alpha$ -pinène, le 4-terpineol, la longifolène, le t-anethole benzène et le thymol (Ghosheh et al., 1999).

Les graines renferment également des alcaloïdes telles que la nigellicine (Atta-ur-Rahman, 1985 b), la nigellimine, l'isoquinoléine (Atta-ur-Rahman et Zaman, 1992), la nigellimine N-oxyde, dérivé de N-oxyde de la nigellimine (Atta-ur-Rahman, 1985 a) et la nigellidine (Atta-ur-Rahman et al., 1995)

En plus de ces composés majoritaires, ces graines contiennent une quantité appréciable de plusieurs vitamines tels que la vitamine A, B2, B3 et C (Salem, 2005) et des sels minéraux (Ca, K, Fe, Zn, Mn et Se) (Al-Naqeep et al., 2009).

Tous ces composants leur teneur varie selon les conditions géographiques et climatiques, ainsi que les méthodes d'extraction et de détection. (Cevdet et Semih, 1993)

### **III-3-4-Différents domaines d'utilisation de la graine de *Nigella sativa***

#### **III-3-4-1-Utilisation en agroalimentaire**

Les graines de *N. sativa* sont fréquemment utilisées comme épice dans diverses recettes en raison de leur arôme caractéristique et leur goût amer et poivré. En Afrique du nord, la graine de nigelle moulue entre dans la composition du ras el hanout, un mélange de 24 à 27 épices. En France, on l'utilise comme le poivre. En Égypte, les graines pulvérisées aromatisent le café à raison de 6 cuillères à café pour une cuillère de nigelle.

La poudre des graines de *Nigella sativa* ainsi que son huile pourrait avoir un intérêt dans le domaine agro-alimentaire comme conservateur des récoltes de céréales et les denrées alimentaires. En effet, selon plusieurs études, l'addition de 0,1% d'huile inhibe la croissance d'*Aspergillus flavus* et plusieurs bactéries responsables d'intoxication alimentaires (Hanafy et Hatem, 1991, Akram Khan, 1999 et Kabli, 2009)

#### **III-3-4-2-Utilisation en médecine traditionnelle**

Depuis plus de 2000 ans, cette plante a été employée comme remède naturel au Moyen Orient et en Extrême-Orient et plus particulièrement chez les musulmans influencés par la

parole du prophète Mohammed (salut et miséricorde soit sur lui). Selon Abu Huraira (Allah soit satisfait de lui) le prophète a dit: " Soignez-vous en utilisant la graine de nigelle, c'est un remède contre tous les maladies sauf 'As-Sam' et As-Sam est la Mort (Al-Bukhari, 1976).

Immam Ibn al-Qayyim -*qu'Allah lui fasse Miséricorde* utilisait les graines de *N. sativa* pour traiter le rhume, le mal de tête, la migraine hémicéphalique, le rhumatisme, les diarrhées, les nausées, les vomissements, les maladies dermiques en général et l'asthme.

Abu Ali Al-Hussein Ibn Abdallah Ibn Sina, connu sous le nom d'Avicenne préconisait la nigelle dans le traitement de la dyspnée, dans le traitement de l'asthme et des bronchites. Il recommanda aussi ces graines contre les maux de tête et la paralysie faciale. Plus tard, Ibn Elbitar la préconisa pour les problèmes de reins et de gale, Ahmad Ibn Ibrahim la recommanda contre la chute de cheveux et le tétanos et Ibn Moussa contre la fièvre (Mahmoudi, 1990).

### **III-3-5-Propriétés pharmacologique de *Nigella sativa***

Depuis 1959, plusieurs travaux sur divers systèmes *in vitro* et *in vivo* ont confirmé les propriétés des graines de *Nigella sativa* revendiquées en médecine traditionnelle. En outre d'autres effets pharmacologiques ont été découverts.

Plusieurs études ont montré que l'application de l'huile essentielle de nigelle par voie topique ou la prise des graines ou leur extrait aqueux par voie orale ont un effet diurétique, antihypertenseur (Zaoui et *al.*, 2000), hypoglycémiant (Al-Hader, 1993), anxiolytique (Gilhotra et Dhingra, 2011), antifongique (Aljabre et *al.*, 2005), antiparasitaire (Akram Khan, 1999), antivirale, anti-allergiques (Salem, 2005) et anti-inflammatoire (Ali et Blunden, 2003)

D'autres études effectuées ont mis également en évidence un effet antiépileptique (Ilhan et *al.*, 2005), anticonvulsivant (Guha et *al.*, 2005) et un effet protecteur vis-à-vis des lésions de la muqueuse gastrique (El-Abhar et *al.*, 2003).

### **III-3-6-Toxicité de la graine de *Nigella***

De nombreuses expérimentations effectuées sur des animaux ont rapportées un effet non toxique des graines de Nigelle.

En effet, Al-Homidan et *al.*, (2002) ont rapportés que l'administration de graines de nigelle à des poulets de 7 jours pendant 7 semaines à une dose comprise entre 20 et 100 g/kg n'a pas affecté leur croissance.

Une autre étude a montrée l'innocuité d'un extrait aqueux composé de protéines, des saponosides et des polyphénols. Des concentrations de ce mélange allant jusqu'à 5g/kg est administré par voie orale pendant 14 jours à des rats n'a provoqué aucune toxicité (Tenekoon, et *al.*, 1991)



Matériel et  
méthodes

## I-Matériel biologiques

### I-1-Lait utilisé

Le lait de chamelle utilisé dans la présente étude provient de la laiterie « Pâturage du M'ZAB » située dans la wilaya de Ghardaïa. Il est collecté pendant la période qui s'étale de Novembre 2012- Juin 2015 à partir d'un troupeau de dromadaires, vivant en semi-extensif. Les laits sont conservés au froid dans une glacière pendant toute la durée du trajet puis congelés jusqu'à leurs utilisations.

### I-2-Matériel végétal utilisé

Nous avons utilisé 3 substrats végétaux : rhizome de *Zingiber officinale* (gingembre), les graines de *Linum usitatissimum* (lin) et les graines de *Nigella sativa* (nigelle) (Photos N°1, 2 et 3 prises au cours de l'étude). Ces substrats sont achetés au commerce.



Photos N°1: Rhizome du *Zingiber officinale*



Photos N°2: Graines de *Linum usitatissimum*



Photos N°3: Graines de *Nigella sativa*

### **I-3-Ferment utilisé**

Dans cette étude, nous avons utilisé une culture mixte composée de *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* et *Lactobacillus delbruekii subps. bulgaricus* lyophilisée de marque (DELVO-YOG, CY-222.DSL). Ce ferment nous a été fourni en 2012 par la laiterie de Besbes, Annaba.

## **II- Méthodes**

### **II-1-Préparation de poudre végétales et détermination de leurs teneurs en protéines et en cendres**

Les rhizomes de gingembre frais (*Zingiber Offinale*) sont lavés, épluchés, coupés en petits morceaux et séchés à 50 °C pendant 5 h puis moulu avec un moulin à café électrique (Nantaporn et *al.*, 2010).

Alors que les graines de *Linum usitatissimum* et de *Nigella sativa* sont nettoyées puis moulus.

#### **II-1-1-Détermination de la teneur en protéines**

La teneur en protéines est estimée par dosage spectrophotométrique en utilisant la méthode de Lowry et *al.*, (1951). Il s'agit d'un dosage colorimétrique basé sur deux réactions simultanées :

-Une réaction de type Biuret, par laquelle les molécules polypeptidiques donnent en milieu alcalin un complexe cuivrique coloré.

- Une réaction de réduction par laquelle les noyaux phénoliques de la tyrosine et du tryptophane et à un degré moindre la cystéine et l'histidine, réduisent le réactif de Folin-Ciocalteu (l'acide phosphomolybdotungstique). Cette réaction donne naissance à un complexe coloré, le bleu de molybdène dont l'intensité peut être mesurée au spectrophotomètre à 750 nm. Ainsi les densités optiques obtenues à cette longueur d'onde permettent de déterminer les concentrations en protéines des échantillons analysés en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine étalon.

La préparation des réactifs et le mode opératoire sont détaillés en annexe N° 1.

## II-1-2-Détermination de la teneur en cendre

La teneur en cendre est déterminée selon la norme Française V05-113, 1972. 5 g de poudre végétale est incinérée à 550°C dans un four à moufle jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant (AFNOR, 1993)

Calcul

$$MO\% = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

Soit :

MO% : matière organique

M<sub>1</sub> : masse de la capsule + prise d'essai

M<sub>2</sub> : masse de la capsule +cendres

P : masse de la prise d'essai.

## II-2-Étude des caractéristiques physicochimiques du lait de chamelle

### II-2-1-Mesure du pH

La mesure du pH est effectuée à 20°C à l'aide d'un pH mètre de marque \*Hanna - instrument\*. La valeur du pH est lue directement sur le pH mètre après immersion de son électrode dans l'échantillon à analyser.

### II-2-2-Mesure de l'acidité Dornic

L'acidité Dornic est estimée selon la norme Française 04-206 (Janvier 1969). Un échantillon précis de 10 ml de lait est placé dans un bécher en présence de 0,1 ml de phénolphtaléine à 1% dans l'alcool à 95%, la soude Dornic N/9 est ajoutée à la burette jusqu'au virage au rose de l'échantillon. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes.

Le degré Dornic correspondant au nombre de 1/10 de ml de soude Dornic N/9 nécessaire pour assurer le virage de la phénolphtaléine.

### II-2-3-Détermination de la teneur en extrait sec total

Dans des capsules préalablement pesée on introduit 5 ml de lait à l'aide d'une pipette jaugée puis on les place dans une étuve réglée à 103±2 ° C pendant 3 heures. Après

dessiccation, les capsules sont mises à refroidir dans un dessiccateur garni d'anhydride phosphorique puis pesées, la différence entre les deux poids est multipliée par 200. (AFNOR, 1993)

#### **II-2-4-Détermination de la teneur en protéines**

Le taux d'azote total est déterminé selon la méthode de Kjeldahl (AFNOR, 1993). Elle s'effectue en trois étapes : la minéralisation (la digestion), la distillation et le titrage.

Le mode opératoire de ces étapes est détaillé en annexe N° 2

#### **Conversion du taux d'azote en taux de protéines**

Le taux de protéines est déterminé en multipliant le taux d'azote obtenu par le facteur 6,38.

#### **II-2-5-Détermination de la teneur en azote non protéique (ANP)**

Dans un Erlen Meyer préalablement pesé, on introduit 5 ml de lait pesés à 1 mg près, au quel on ajoute 5ml d'une solution d'acide trichloroacétique à 24% (masse/volume) afin d'obtenir une concentration finale d'acide trichloroacétique à 12%. L'Erlen Meyer et son contenu sont pesés. Le mélange est agité puis laissé à température ambiante pendant 5 min. il est ensuite filtré sur papier Whatman N° 1 exempt d'ammoniac. 4 mL du filtrat sont placés dans un matras et on procède à la minéralisation, la distillation et le titrage selon la méthode de kjeldhal.

La teneur en azote non protéique, exprimée en grammes d'azote pour 100 grammes de lait est calculée selon la formule suivante :

$$\text{ANP \%} = [1,4007 \times (\text{Ve} - \text{Vb}) \times \text{N}] / \{(\text{Mf} \times \text{MI}) / \text{Mt} - (\text{Mf} \times 0,065)\}$$

Ve : le volume en millilitres de la solution HCl 0,1N nécessaire pour titrer l'échantillon.

Vb : le volume en millilitres de la solution HCl 0,1N nécessaire pour titrer l'essai à blanc.

N : la normalité de la solution de HCl.

Mf : masse de 4 mL de filtrat en grammes

#### **II-2-6-Détermination de la teneur cendre**

La détermination de la teneur en cendre est effectuée selon la norme citée en II-1-2 (AFNOR, 1993).

### II-2-7-Détermination de la teneur en matière grasse

La teneur en matière grasse est déterminée selon la méthode acido- butyrométrique. C'est une technique conventionnelle lorsqu'elle est appliquée à un lait entier, donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100 ml de lait.

Dans un butyromètre, on introduit 10 ml d'acide sulfurique (densité à 20°C : 1,82), 11 ml de lait et 1 ml d'alcool isoamylique (densité à 20°C : 0,813) puis on centrifuge pendant 5-10 min à 1200 tour/min. la valeur de la matière grasse est lue directement sur le butyromètre .  
(AFNOR, 1993)

### II-2-8-Détermination de la teneur en lactose

La teneur en lactose est déterminée selon la norme française V 04-213 Janvier 1971 : C'est une méthode titrimétrique basée sur la réaction à chaud d'une solution de liqueur de Fehling qui renferme des ions  $\text{Cu}^{2+}$  (cuivre II), de couleur bleu en milieu basique. À chaud en présence d'une substance réductrice, la liqueur de Fehling donne un précipité rouge d'oxyde de cuivre  $\text{Cu}_2\text{O}$  (cuivre I). Le dosage est réalisé sur le filtrat, après défécation au ferrocyanure de zinc.

La préparation des réactifs et le mode opératoire sont détaillés en annexe N° 3.

### II-2-9-Détermination de la densité

La densité est déterminée à l'aide d'un densimètre de type (Gwinder) sur un lait maintenu au repos. Elle consiste à plonger le densimètre dans une éprouvette de 250 ml remplie de lait, lorsqu'il se stabilise, la lecture de la valeur de la densité se fait directement sur l'appareil (AFNOR, 1993).

## II-3-Préparations des échantillons du lait de chamelle

### II-3-1-Écrémage des échantillons

L'écémage des laits de chamelle est réalisé par centrifugation à 2000 g pendant 15 min. la crème est enlevé à l'aide d'une spatule (Attia et *al.*, 2001).

### II-3-2-Pasteurisation

Les échantillons de lait de chamelle écrémés sont pasteurisés au bain marie soit à 63°C /30 min ou à 85 °C /30 min puis refroidis rapidement dans la glace fondante et conservée au

réfrigérateur pendant une nuit.

### II-4-Préparation du ferment

Les deux souches de la culture mixte lyophilisées sontensemencées dans du lait de vache en poudre reconstitué à raison de 12% et préalablement stérilisé à 120 °C pendant 15 min. Ce mélange est incubé à 42°C pendant 4-6 h puis conservée au congélateur jusqu'à son utilisation. Durant toute l'étude la charge et l'activité des deux souches utilisées sont contrôlées.

-L'activité est contrôlée par le temps de coagulation d'une poudre de lait de vache en reconstitué pasteurisé etensemencé avec 3 % de ce ferment puis incubé à 43°C.

-Alors que les charges des deux souches de la culture mixte utilisée sont déterminées après la préparation d'un ensemble de dilutions décimales du ferment dans de l'eau physiologique (0.9%) et l'ensemencement en masse sur les milieux sélectifs, le MRS acidifié jusqu'à pH 5,4 avec l'acide acétique glaciale et le milieu M17. Cette charge doit être  $10^7$  UFC/ml avec un ratio de 1 :1 (Clark et Plotka, 2004)

Le dénombrement de *Lb. bulgaricus* est effectué après 72 h d'incubation sur milieu MRS à 37°C  $\pm$  1°C sous des conditions d'anaérobiose. Alors que le dénombrement de *St. thermophilus* est effectué après 48 h d'incubation sur milieu M17 à 37°C  $\pm$  1°C (IDF, 1997)

### II-5-Choix des paramètres technologiques

#### II-5-1-Choix de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement

##### II-5-1-1-Estimation de la croissance des deux souches de la culture mixte

Les échantillons de lait de chamelle écrémés sont pasteurisés au bain marie soit à 63°C /30 min ou à 85 °C /30 min puisensemencés avec 1,5, 3 et 5% du ferment et incubé à 43°C.

La croissance des deux souches de la culture mixte dans les différents laits a été estimée d'une part par le suivie du pH à différents temps (chaque 1h 30 min jusqu'à coagulation, pH 4.4 est atteint) et la détermination de la vitesse d'acidification.

Cette vitesse est calculée comme suit :  $V = \Delta \text{pH} / \Delta t$  (unité de pH/h) (Oliveira et al., 2009)

D'autre part par le suivie de l'acidité Dornic développée au cours du temps.

### **II-5-1-2-Étude de la stabilité des deux souches de la culture mixte au cours de la conservation au froid**

La stabilité des deux souches de la culture mixte sur les différents laits a été estimée après 1, 14 et 28 jours de conservation au froid d'une part par la mesure du pH, le dosage de l'acidité développée et d'autre part par un ensemencement en masse des deux souches sur milieu sélectif selon les méthodes décrites précédemment.

Le pourcentage de viabilité des souches est calculé comme suit :

% viabilité = (nombre de UFC à j jours de conservation / nombre de UFC à 0 jours de conservation) X 100 (Riazi et al., 2008).

### **II-5-1-3-Étude de la qualité rhéologique**

Les paramètres rhéologiques des différents échantillons sont mesurés après 20 h de conservation au froid à l'aide d'un rhéo viscosimètre de marque HAAKE VT 550 équipé d'un dispositif de mesure SV-DIN.

La température de mesure est maintenue à 10 °C grâce à la circulation d'eau en circuit fermé entre le rhéo-viscosimètre et un bain marie de marque HAAKE K115 DC3. Ce viscosimètre est piloté par ordinateur muni d'un logiciel d'analyse VT 1x OS550.

Les courbes de viscosité apparente ont été déterminées à une vitesse de cisaillement de gradient linéaire de 10 à 1000 s<sup>-1</sup> pendant 200 s. la description du comportement rhéologique a été réalisée en utilisant le modèle rhéologique d'Ostwald-de Waele (la loi de puissance).



**Photos N°4 : Rhéo viscosimètre de marque HAAKE VT 550**

#### **II-5-1-4-Détermination de la capacité de rétention d'eau**

La capacité de rétention d'eau (WHC) des différents échantillons est mesurée après 1 et 28 jours de conservation au froid selon la méthode décrite par Supavitpatana et *al.*, (2010).

10 g d'échantillons sont centrifugé à 3000 tours/min pendant une heure à 10°C, le surnageant est enlevée et le précipité est pesé.

La capacité de rétention est calculée d'après la formule suivante :

$$\text{WHC \%} = \frac{\text{poids du culot}}{\text{poids d'échantillon}} \times 100$$

#### **II-5-1-5-Détermination du volume de lactosérum exsudé**

Le volume de lactosérum exsudé dans les différents laits fermentés est mesuré après 1, 14 et 28 jours de conservation au froid selon la méthode décrite par Koksoy et Kilic, (2004).

10 ml de lait est coagulé dans un tube stérile gradué puis conservé au froid, le volume de lactosérum exsudé est lu directement.

## **II-5-2-Choix de la température d'incubation**

### **II-5-2-1-Estimation de la croissance des deux souches de la culture mixte**

Les échantillons de lait de chamelle écrémés et pasteurisés soit à 63°C /30 min ou à 85 °C /30 min sontensemencés avec 3 % de la culture mixte puis incubé soit à 43°C ou à 37 °C.

L'estimation de la croissance de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* sur ces laits est effectuée selon les méthodes décrites en II-5-1-1.

### **II-5-2-2-Étude de la stabilité des deux souches de la culture mixte au cours de la conservation au froid**

La stabilité des deux souches de la culture mixte sur les différents laits a été estimée après 1, 14 et 28 jours de conservation au froid selon les méthodes décrites en II-5-1-2.

### **II-5-2-3-Étude de la qualité rhéologique**

Les paramètres rhéologiques des différents échantillons sont mesurés après 20 h de conservation au froid selon la méthode décrite en II-5-1-3.

### **II-5-2-4-Détermination de la capacité de rétention d'eau**

La capacité de rétention d'eau des différents échantillons est mesurée après 1et 28 jours de conservation au froid selon la méthode décrite en II-5-1-4.

### **II-5-2-5-Détermination du volume de lactosérum exsudé**

Le volume de lactosérum exsudé des différents laits fermentés est mesuré après 1, 14 et 28 jours de conservation au froid selon la méthode décrite en II-5-1-5.

## **II-6-Étude l'effet de l'addition des substances végétales**

### **II-6-1-Addition des poudres végétales et pasteurisation des laits**

Les poudres végétales sont additionnées au lait de chamelle écrémé à différentes concentrations :

-la poudre de gingembre est additionnée à raison de 0,25 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,75 et 1 %.

- Après des tests préliminaires, une concentration de 0,6 % de poudre de gingembre a été uniquement utilisée dans le cas des laits pasteurisés à 63°C pendant 30 min.

-la poudre de graines de lin est additionnée à raison de 0,5 ; 1 ; 1,5 et 2%.

-la poudre de graines de nigelle est additionnée à raison de 0,1 ; 0,2 ; 0,3 et 0,4%.

Les concentrations maximales de ces substances ont été arrêtées à des taux ne modifiant pas défavorablement le goût du produit.

Les laits de chamelle écrémés témoins ou supplémentés sont pasteurisés au bain marie soit à 63 °C pendant 30 minutes ou à 85°C pendant 30, puis refroidis rapidement dans la glace fondante et conservés au réfrigérateur pendant une nuit.

### **II-6-2-Étude des caractéristiques physicochimiques du lait de chamelle supplémenté**

La mesure du pH et la détermination de la teneur en extrait sec, en azote total et en cendres des laits pasteurisés témoins et supplémentés sont effectués comme indiqué précédemment.

### **II-6-3-Estimation de la croissance de la culture mixte**

Les différents laits témoins et supplémentés sont ensemencés avec 3% de la culture mixte puis incubés à 43°C jusqu'à coagulation.

L'estimation de la croissance de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* sur ces laits est effectuée par deux méthodes :

-Par la mesure de l'acidité Dornic et du pH avant incubation et à différents temps (chaque 1h 30 min) jusqu'à coagulation (pH 4.4) et la détermination de la vitesse d'acidification est effectuée selon le même protocole décrit en II-5-1-1.

-Par un ensemencement en masse des deux souches sur leurs milieu sélectif respectivement avant incubation et à différents temps (chaque 1h 30 min) jusqu'à coagulation (pH 4.4).

Le dénombrement de *Lb. bulgaricus* et de *St. thermophilus* est effectué selon la méthode décrite en II-5-1-2.

### **II-6-4-Étude de la stabilité de la culture mixte au cours de la conservation au froid**

La stabilité de la culture mixte sur les différents laits a été estimée par la mesure du pH, le dosage de l'acidité Dornic développée et par un dénombrement des deux souches après 1,

14 et 28 jours de conservation au froid selon les méthodes décrites précédemment.

### **II-6-5-Étude de la qualité rhéologique**

Les paramètres rhéologiques des différents échantillons sont mesurés après 20 h de conservation au froid selon la méthode décrite en II-5-1-3.

### **II-6-6-Détermination de la capacité de rétention d'eau**

La capacité de rétention d'eau des différents échantillons est mesurée après 1 et 28 jours de conservation au froid selon la méthode décrite en II-5-1-4.

### **II-6-7-Détermination du volume de lactosérum exsudé**

Le volume de lactosérum exsudé des différents laits fermentés est mesuré après 1, 14 et 28 jours de conservation au froid selon la méthode décrite en II-5-1-5.

## **III-Analyse statistique des résultats.**

L'analyse statistique des résultats a été effectuée par application du test ANOVA à un facteur et le test T de Student en utilisant le logiciel Prism (Version 5). Les différences sont considérées comme significatives lorsque  $P < 0,05$ .

Les résultats obtenus sont la moyenne de deux essais, chaque essai a fait l'objet de deux répétitions.



# Résultats

## I- Influence des paramètres technologiques

### I-1- Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle collecté

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons du lait de chamelle collectés pendant cette étude sont représentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau N° 6 : Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons du lait de chamelle collectés**

Paramètres	Moyenne	Écart-type
pH (unité de pH)	6,35	0,04
Acidité Dornic (°D)	20,80	1,13
Densité	1,027	0,002
Extrait sec (%)	12,30	0,13
Matière grasse (%)	3,46	0,10
Lactose (%)	4,76	0,49
Protéines (%)	3,93	0,37
Cendres (%)	1,05	0,03

Ces résultats représentent la moyenne de 10 échantillons.

### I-2- Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement

#### I-2-1- Influence sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits

##### I-2-1-1- Effet du traitement thermique sur la cinétique d'acidification

Au début de la fermentation, la croissance de la culture mixte sur les laits pasteurisés à 63°C/30 min et ensemencés à différents taux (1,5, 3 et 5 %) est lente par rapport à celle observée sur les laits pasteurisés à 85°C/30 min et ensemencés avec les mêmes taux (Figure N°1).

En effet, après 1 h 30 min d'incubation tous les laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min ont une vitesse moyenne d'acidification 2 fois plus importante que celle observée dans laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min et ensemencés avec le même taux ( $P < 0.05$ ).

Tandis que durant les heures suivantes de la fermentation (jusqu'à 6h), la différence observée est moins importante mais elle reste significative. ( $P < 0.05$ )

Par conséquent, les laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min atteignent le pH de fin de culture après 7 h 30 min d'incubation alors que les laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min et ensemencés avec les mêmes taux atteignent ce pH après 9 h d'incubation. (Tableau N°7)

D'après la figure N° 1, on remarque aussi que la croissance de *St. thermophilus* et de *Lb.bulgaricus* sur le lait de chamelle est lente par rapport à celle observée sur le lait en poudre pasteurisé à la même température et ensemencé avec le même taux. ( $P<0,05$ )

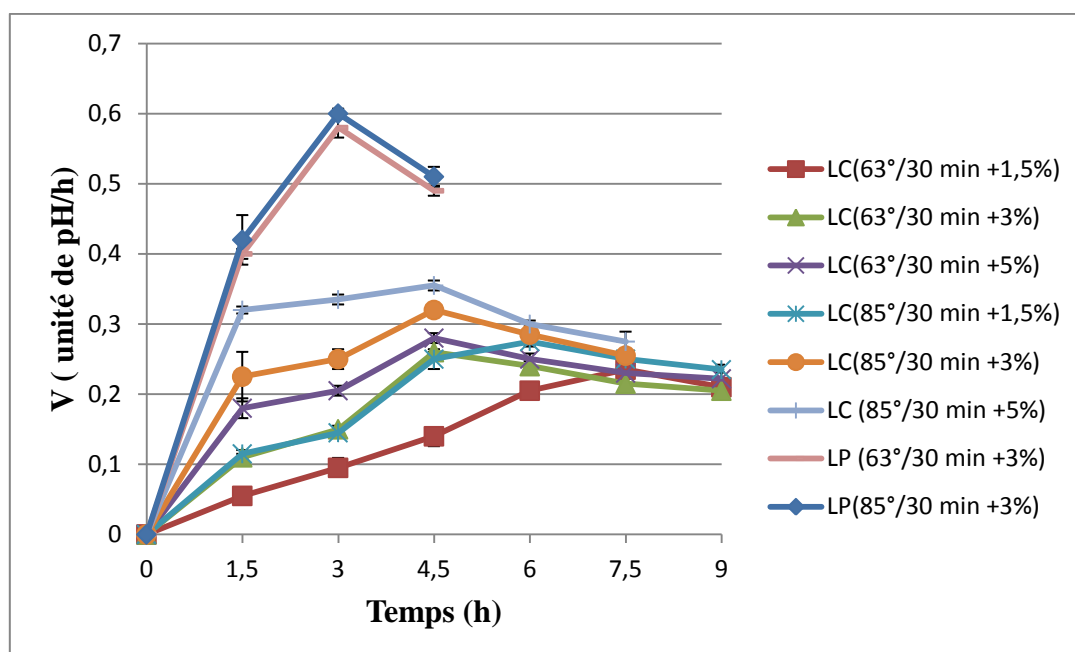
En effet, durant les trois première heures d'incubation la vitesse moyenne d'acidification de ces deux souches est double dans le lait de vache en poudre reconstitué et pasteurisé à 85°C/30 min tandis qu'elle est multiplié par un facteur de 4 dans le lait de vache en poudre reconstitué et pasteurisé à 63°C/30 min par comparaison aux laits de chamelle traités à la même température et ensemencé avec le même taux. ( $P<0,05$ )

#### **I-2-1-2-Effet du taux d'ensemencement sur la cinétique d'acidification**

D'après la figure N°1, l'augmentation du taux d'ensemencement de la culture mixte semble accélérer significativement la vitesse moyenne d'acidification pendant les trois premières heures de fermentation tandis que durant les heures suivantes d'incubation la différence observée est moins importante et non significative. ( $P>0,05$ )

En effet, les laits de chamelle ensemencés avec 3% ou 5% de la culture mixte ont une vitesse d'acidification presque double par comparaison aux laits de chamelle ensemencés avec 1,5 %, par conséquent, ces laits atteignent le pH de fin de culture 1 h 30 min avant ces derniers (Tableau N° 7).

Alors que, l'augmentation de ce taux de 3% à 5% sur les différents laits de chamelle semble légèrement accélérer la vitesse d'acidification ( $P<0,05$ ) et par conséquent, tous les laits atteignent le pH de fin de culture au même temps. ( $P>0,05$ ) (Figure N°1 et tableau N° 7)



**Figure N° 1 : Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits.**

**Tableau N°7 : Paramètres de la cinétique d'acidification des laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min ou à 85 °C pendant 30 min et ensemencés à différents taux.**

Échantillons	V max (unité de pH/h)	T <sub>v max</sub> (h)	T <sub>f</sub> (h)
LC (85°/30 min +1,5%)	0,27±0,014 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
LC (85°/30 min +3%)	0,32±0,000 <sup>b</sup>	4,5 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>
LC (85°/30 min +5%)	0,35±0,007 <sup>b</sup>	4,5 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>
LC (63°/30 min +1,5%)	0,235±0,007 <sup>c</sup>	7,5 <sup>c</sup>	/
LC (63°/30 min +3%)	0,26±0,000 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>
LC (63°/30 min +5%)	0,28±0,007 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>
LP (85°/30 min +3%)	0,60±0,003 <sup>d</sup>	3 <sup>d</sup>	4,5 <sup>c</sup>
LP (63°/30 min +3%)	0,58±0,005 <sup>d</sup>	3 <sup>d</sup>	4,5 <sup>c</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### **I-2-1-3-Effet du traitement thermique sur l'évolution de l'acidité Dornic au cours de l'incubation**

D'après la figure N° 2, le lait de chamelle pasteurisé à 85°C/30 a tendance à s'acidifier plus que celui pasteurisé à 63°C/30 min ( $P < 0,05$ ).

En effet, durant les premières quatre heures de la fermentation, l'acidité Dornic acquise des laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 est presque 2 fois plus importante que celle observée dans les laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min etensemencés avec le même taux. Tandis que durant les heures suivantes de la fermentation, la différence observée est moins importante mais elle reste significative. ( $P < 0,05$ )

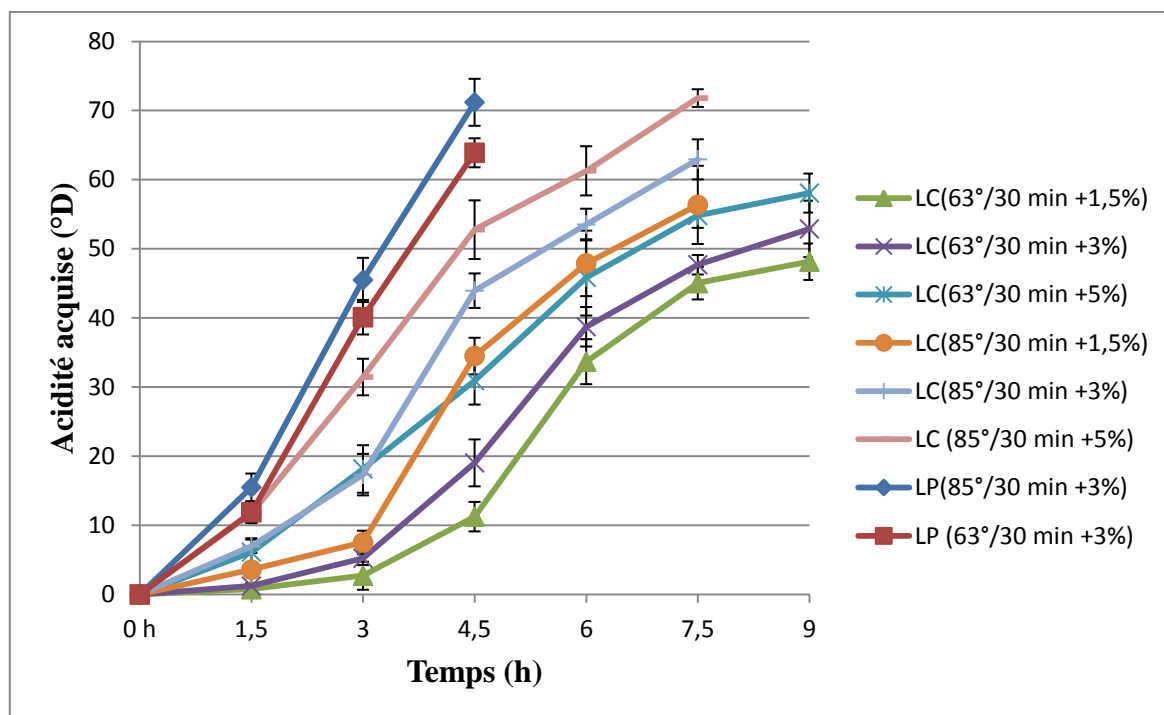
D'après cette figure, on remarque aussi que l'évolution de l'acidité Dornic dans les laits de vache en poudre reconstitués va de paire avec les résultats de la cinétique d'acidification. (Figure N° 1)

En effet, durant toute la période d'incubation l'acidité Dornic acquise dans ces laits est significativement supérieure par comparaison à celle observée dans les laits de chamelle pasteurisés à la même température etensemencés avec le même taux. ( $P < 0,05$ )

### **I-2-1-4-Effet du taux d'ensemencement sur l'évolution de l'acidité Dornic au cours de l'incubation**

L'augmentation du taux d'ensemencement de la culture mixte de 1,5% à 3% ou de 3% à 5% sur les différents laits de chamelle pasteurisés à différentes températures semble accélérer significativement la production d'acide lactique seulement jusqu'à 4h 30 min de fermentation ( $P < 0,05$ ) au delà il n'influe plus cette production ( $P > 0,05$ )

Toute fois, l'augmentation de ce taux d'ensemencement de 1,5 % à 5% sur les différents laits de chamelleensemencés à différentes températures influe significativement sur la production d'acide lactique durant toute la période d'incubation. ( $P < 0,05$ ) (Figure N° 2)



**Figure N°2 : Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte sur l'évolution de l'acidité Dornic acquise pendant l'incubation des différents laits.**

### **I-2-2-Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la viabilité des deux souches de la culture mixte**

#### **I-2-2-1-Effet sur l'évolution du pH dans les différents laits fermentés pendant la conservation au froid**

Durant la première quinzaine de conservation au froid, la post acidification est significativement élevée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min par rapport à celle observée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min et ensemencés avec les mêmes taux. ( $P < 0,05$ )

Toutefois, pendant la période restante de la conservation au froid la différence observée devient non significative. ( $P > 0,05$ ) (Tableau N° 8)

D'après le tableau N° 8 : l'augmentation du taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte sur les différents laits augmente la post acidification durant toute la période de conservation au froid et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée, cependant la différence observée n'est pas significative. ( $P > 0,05$ )

**Tableau N° 8 : Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la variation du pH dans les différents laits fermentés après la conservation au froid**

Échantillons	$\Delta$ pH	$\Delta$ pH après 1 jour (unité du pH)	$\Delta$ pH après 14 jours (unité du pH)	$\Delta$ pH après 28 jours (unité du pH)
LC (63°/30 min +1,5%)		0,03±0,007 <sup>a</sup>	0,08±0,01 <sup>b</sup>	0,20±0,00 <sup>d</sup>
LC (63°/30 min +3%)		0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,11±0,02 <sup>b</sup>	0,24±0,01 <sup>d</sup>
LC (63°/30 min +5%)		0,05±0,02 <sup>a</sup>	0,10±0,02 <sup>b</sup>	0,23±0,01 <sup>d</sup>
LC (85°/30 min +1,5%)		0,07±0,01 <sup>b</sup>	0,14±0,007 <sup>c</sup>	0,21±0,007 <sup>d</sup>
LC (85°/30 min +3%)		0,10±0,007 <sup>b</sup>	0,16±0,02 <sup>c</sup>	0,25±0,03 <sup>d</sup>
LC (85°/30 min +5%)		0,11±0,02 <sup>b</sup>	0,18±0,01 <sup>c</sup>	0,24±0,02 <sup>d</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

#### **I-2-2-2-Effet sur l'évolution de l'acidité Dornic dans les différents laits fermentés au cours de la conservation au froid**

L'évolution de l'acidité Dornic observée dans tous les échantillons de laits de chamelle fermentés va de paire avec les variations de pH enregistrées. (Tableaux N° 9)

En effet, durant la première quinzaine de conservation au froid, les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min ont une acidité Dornic acquise significativement élevée par rapport à celle observée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min et ensemencés avec les mêmes taux ( $P < 0,05$ ).

Toutefois, pendant la période restante de la conservation au froid la différence observée devient non significative. ( $P > 0,05$ ) (Tableau N° 9)

L'augmentation du taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte sur les différents laits n'a aucun effet significatif sur l'évolution de l'acidité Dornic au cours de la conservation au froid. ( $P > 0,05$ ) (Tableau N° 9)

**Tableau N° 9 : Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur l'évolution de l'acidité acquise dans les différents laits fermentés après conservation au froid.**

Échantillons	Acidité acquise après 1 jour (°D)	Acidité acquise après 14 jours (°D)	Acidité acquise après 28 jours (°D)
LC (63°/30 min +1,5%)	1,105±0,14 <sup>a</sup>	4,19±0,79 <sup>b</sup>	9,0±1,4 <sup>d</sup>
LC (63°/30 min +3%)	2,13±0,16 <sup>a</sup>	5,21±0,49 <sup>b</sup>	10,5±0,70 <sup>d</sup>
LC (63°/30 min +5%)	2,18±0,25 <sup>a</sup>	6,42±1,52 <sup>b</sup>	12,88±1,23 <sup>d</sup>
LC (85°/30 min +1,5%)	4,45±1,76 <sup>b</sup>	9,20±1,41 <sup>c</sup>	12,93±1,03 <sup>d</sup>
LC (85°/30 min +3%)	5,77±1,45 <sup>b</sup>	11,88±0,88 <sup>c</sup>	14,75±2,12 <sup>d</sup>
LC (85°/30 min +5%)	5,52±0,48 <sup>b</sup>	11,18±1,5 <sup>c</sup>	15,51±0,94 <sup>d</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

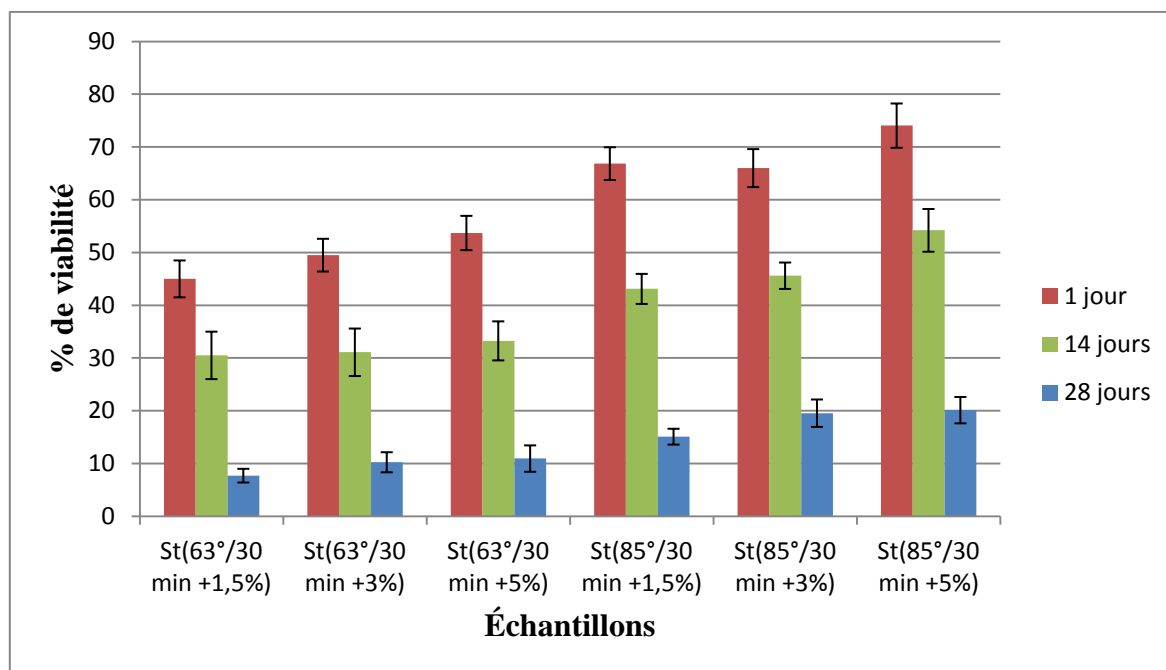
### I-2-2-3-Effet sur l'évolution de la charge microbienne pendant la conservation au froid

Au cours de la conservation au froid, la charge de *Lb. bulgaricus* et de *St. thermophilus* a tendance à diminuer progressivement dans tous les échantillons (P <0,05)

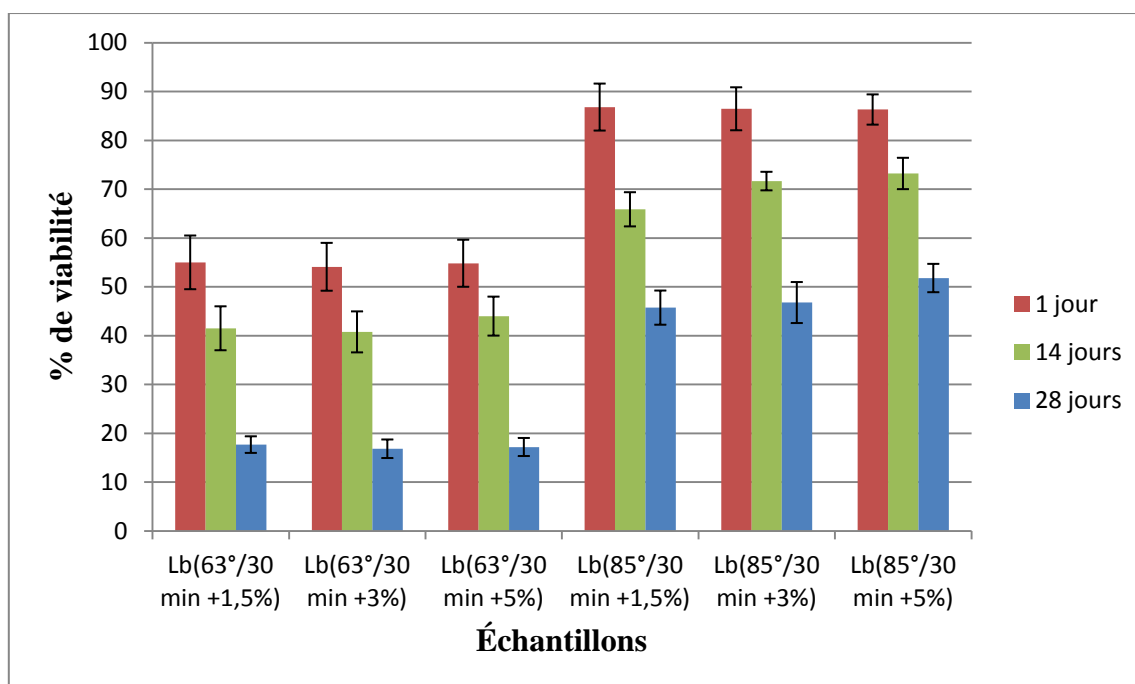
D'après les figures N° 3 et 4, la température de pasteurisation préalable du lait influe significativement sur la viabilité de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* alors que le taux d'ensemencement n'a aucun effet significatif et ceci pendant toute la période de conservation au froid.

En effet, la viabilité des deux souches est significativement plus élevée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min par rapport à celle observée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min. (P<0,05)

D'après ces mêmes figures, on remarque aussi que la viabilité de *Lb. bulgaricus* est significativement plus élevée par rapport à celle de *St. thermophilus* et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée ou le taux d'ensemencement utilisé. (P <0,05)



**Figure N°3 : % de viabilité de *St. thermophilus* dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à différentes températures et ensemencés à différents taux.**



**Figure N°4 : % de viabilité de *Lb. bulgaricus* dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à différentes températures et ensemencés à différents taux.**

### I-2-3-Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus

D'après la figure N°5 et le tableau N°10 on remarque :

- Une diminution de la viscosité apparente en fonction de l'augmentation de la vitesse de cisaillement et ceci quelque soit la température de pasteurisation ou le taux d'ensemencement utilisé.
- L'augmentation de la température de pasteurisation de 63°C/30 min à 85°C/30 min semble améliorer la viscosité apparente et augmente 9 fois l'indice de consistance et réduit d'environ la moitié l'indice de fluidité des laits fermentés obtenus.
- il ya une rupture rapide de la structure du gel lors du cisaillement initial des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min alors qu'elle est progressive dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min.
- L'augmentation du taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte améliore également la viscosité apparente des gels et augmente légèrement l'indice de consistance et réduit l'indice de fluidité, cependant la différence observée est seulement significative dans les laits ensemencés avec 5% par comparaison à ceux ensemencés avec 1,5 %.

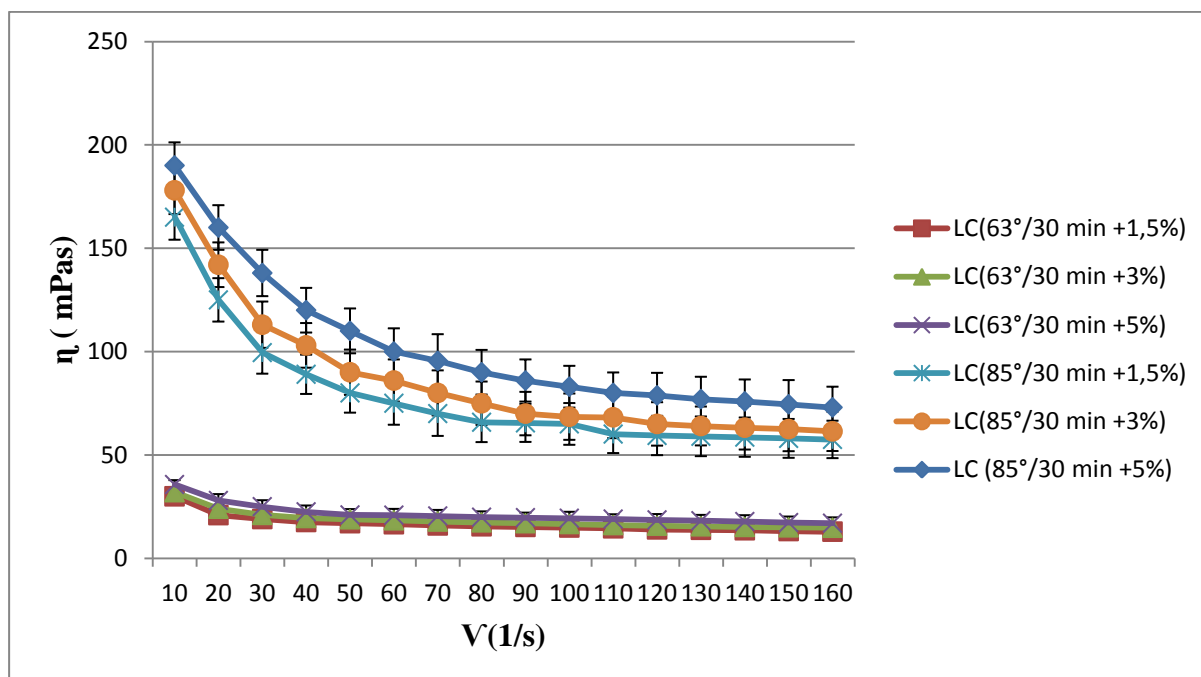


Figure N° 5 : Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des différents laits fermentés.

**Tableau N°10 : Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur les paramètres rhéologiques des différents laits fermentés.**

Échantillons	K	N	R
LC (63°/30 min +1,5%)	105,96±9,76 <sup>a</sup>	0,7061±0,03 <sup>a</sup>	0,9365±0,02
LC (63°/30 min +3%)	111,89±7,50 <sup>ab</sup>	0,7532±0,05 <sup>ab</sup>	0,9412±0,01
LC (63°/30 min +5%)	124,80±4,60 <sup>b</sup>	0,8403±0,01 <sup>b</sup>	0,9595±0,04
LC (85°/30 min +1,5%)	986,16±50,60 <sup>c</sup>	0,3661±0,01 <sup>c</sup>	0,9520±0,03
LC (85°/30 min +3%)	1063±48,30 <sup>cd</sup>	0,3950±0,04 <sup>cd</sup>	0,9450±0,01
LC (85°/30 min +5%)	1135±30,20 <sup>d</sup>	0,4326±0,03 <sup>d</sup>	0,9260±0,02

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

#### **I-2-4-Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la capacité de rétention d'eau**

- **Effet du traitement thermique**

L'augmentation de la température de pasteurisation de 63°C/30 min à 85°C/30 min augmente significativement la capacité de rétention d'eau dans tous les échantillons. (P<0,05) (Tableau N°11)

D'après le tableau ci-dessous, après 28 jours de conservation au froid, la capacité de rétention d'eau diminue dans tous les échantillons mais la diminution observée est minime dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min par comparaison à celle observée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et ensemencés avec les mêmes taux. (P<0,05)

- **Effet du taux d'ensemencement**

L'augmentation du taux d'ensemencement augmente également la capacité de rétention d'eau mais cette augmentation est seulement significative quand le taux augmente de 1,5 à 5% et ceci quelque soit le traitement thermique appliqué.

Après 28 jours de conservation au froid, l'augmentation du taux d'ensemencement n'a aucun effet significatif sur la diminution de la capacité de rétention d'eau dans tous les laits fermentés (P>0,05) (Tableau N°11)

**Tableau N°11 : Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la capacité de rétention d'eau.**

Échantillons	WHC après 1 jour (%)	WHC après 28 jours (%)
LC (63°/30 min+1,5%)	19,03±0,42 <sup>a</sup>	15,63±0,91 <sup>e</sup>
LC (63°/30 min+3%)	20,28±0,39 <sup>ab</sup>	16,08 ±0,35 <sup>ef</sup>
LC (63°/30 min+5%)	22,62±0,30 <sup>b</sup>	17,81±0,57 <sup>f</sup>
LC (85°/30 min+1,5%)	25,83±0,70 <sup>c</sup>	24,18 ±0,25 <sup>b</sup>
LC (85°/30 min+3%)	27,86±0,14 <sup>cd</sup>	25,75±0,36 <sup>bc</sup>
LC (85°/30 min+5%)	29,54±0,28 <sup>d</sup>	27,27±0,41 <sup>c</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### I-2-5-Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur la synérèse

Après 1 et 14 jours de conservation au froid, tous les échantillons sont exempts de lactosérum. C'est seulement après 28 jours de conservation qu'une synérèse apparaît dans tous les échantillons.

D'après le tableau ci-dessous on remarque que :

- L'augmentation de la température de pasteurisation de 63°C/30 min à 85°C/30 min diminue l'exsudation du lactosérum dans les laits fermentés mais cette diminution est seulement significative dans les laits ensemencés avec 1,5 et 3 %.
- L'augmentation du taux d'ensemencement n'a aucun effet significatif sur la diminution de la synérèse dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min ( $P>0,05$ ) tandis que l'augmentation de ce taux de 1,5 à 5% réduit significativement la synérèse dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min. ( $P<0,05$ )

**Tableau N°12 : Influence de la température de pasteurisation et du taux d'ensemencement sur le degré de synérèse.**

Échantillons	Degré de synérèse après 28 jours (%)
LC (63°/30 min+1,5%)	3,30±0,42 <sup>a</sup>
LC (63°/30 min+3%)	2,96 0,70 <sup>a</sup>
LC (63°/30 min+5%)	1,72±0,35 <sup>b</sup>
LC (85°/30 min+1,5%)	1,79±0,50 <sup>b</sup>
LC (85°/30 min+3%)	1,68±0,75 <sup>b</sup>
LC (85°/30 min+5%)	1,46±0,55 <sup>b</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### I-3-Influence de la température d'incubation

#### I-3-1-Influence sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits

##### I-3-1-1-Effet de la température d'incubation sur la cinétique d'acidification

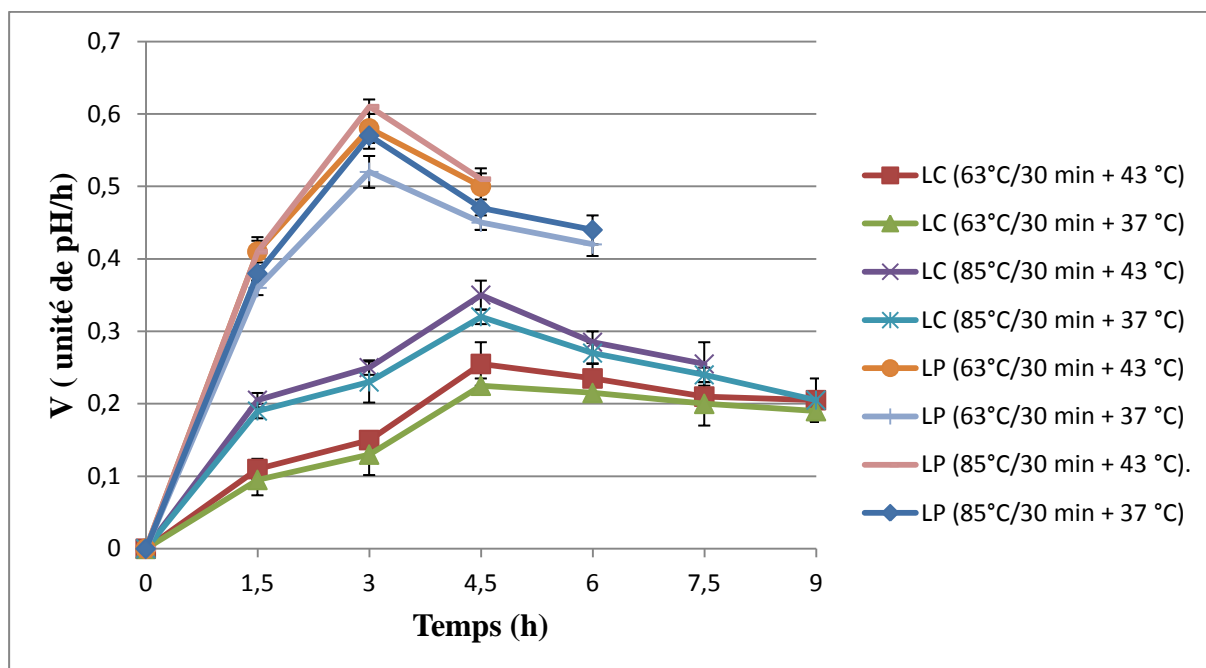
La croissance des deux souches de la culture mixte sur les différents laits (chamelle et poudre de vache) incubés à 37°C est lente par rapport à celle observée sur les laits incubés à 43°C et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée. ( $P>0,05$ ) (Figure N° 6)

De ce fait, les laits pasteurisés soit à 63°C ou à 85 °C et incubés à 43°C atteignent le pH désiré (4,4) avant les laits de chamelle pasteurisés aux mêmes températures et incubés à 37°C. (Tableau N°13).

**Tableau N°13 : Paramètres de la cinétique d'acidification des laits pasteurisé à 63 °C pendant 30 min ou à 85 °C pendant 30 min et incubés à différentes températures**

Échantillons	V max (unité de pH/h)	T <sub>v max</sub> (h)	T <sub>f</sub> (h)
LC (85°C/30 min + 43 °C)	0,35±0,005 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>
LC (85°C/30 min + 37 °C)	0,32±0,003 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>
LC (63°C/30 min + 43 °C)	0,25±0,007 <sup>b</sup>	4,5 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>
LC (63°C/30 min + 37 °C)	0,24±0,007 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	/
LP (85°C/30 min + 43 °C)	0,61±0,003 <sup>c</sup>	3 <sup>c</sup>	4,5 <sup>c</sup>
LP (85°C/30 min + 37 °C)	0,57±0,006 <sup>c</sup>	3 <sup>c</sup>	6 <sup>d</sup>
LP (63°C/30 min + 43 °C)	0,58±0,004 <sup>c</sup>	3 <sup>c</sup>	4,5 <sup>c</sup>
LP (63°C/30 min + 37 °C)	0,52±0,001 <sup>d</sup>	3 <sup>c</sup>	6 <sup>d</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.



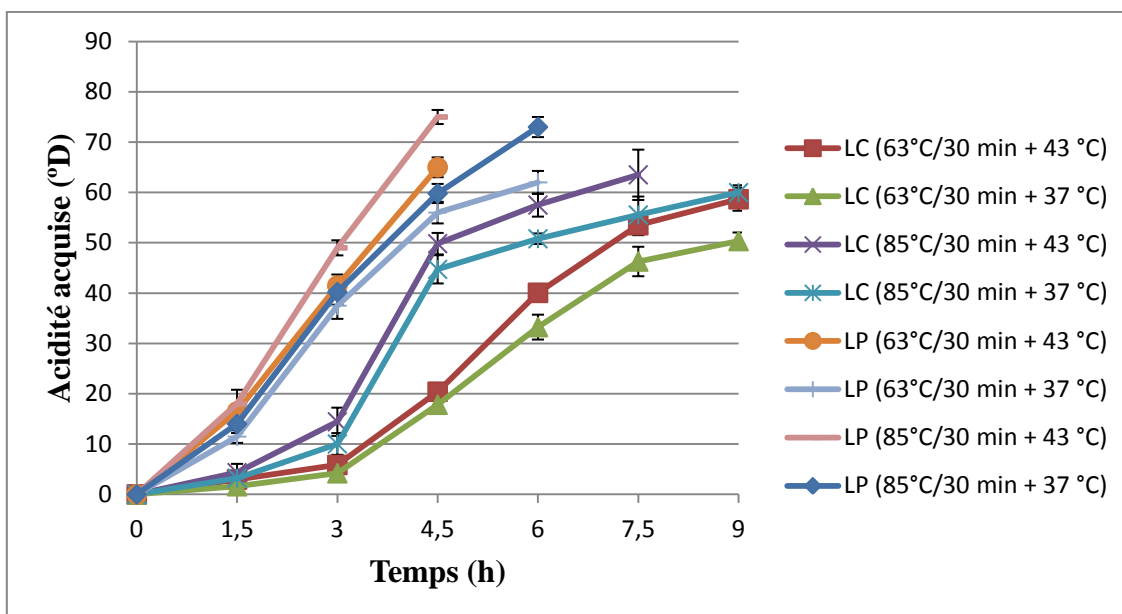
**Figure N° 6 : Influence de la température de pasteurisation et de la température d'incubation sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits**

### I-3-1-2-Effet de la température d'incubation sur l'évolution de l'acidité Dornic au cours de l'incubation

Au début de la fermentation, la température d'incubation n'a aucun effet significative sur la production d'acide lactique et ceci quelque soit la température de pasteurisation, cependant après 4,5 h d'incubation la différence observée devient significative. ( $P < 0,05$ )

En effet, d'après la figure N°7, l'acidité Dornic acquise des laits incubés à 43°C est toujours supérieure à celle observée dans les laits incubés à 37°C.

D'après cette figure, l'acidité Dornic acquise des laits en poudre est significativement supérieure par rapport à celle observée dans les laits de chamelle pasteurisés et incubés à la même température. ( $P < 0,05$ )



**Figure N°7 : Influence de la température de pasteurisation et de la température d'incubation sur l'évolution de l'acidité Dornic acquise au cours de la fermentation des différents laits**

### I-3-2-Influence de la température d'incubation sur la viabilité des deux souches de la culture mixte pendant la conservation au froid

#### I-3-2-1-Effet sur l'évolution du pH dans les différents laits fermentés

Durant toute la période de conservation au froid, la post acidification est significativement élevée dans les laits fermentés fabriqués à 43 °C par comparaison à celle observée dans les laits fermentés fabriqués à 37 °C et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée. (Tableau N°14)

**Tableau N° 14 : Variation du pH au cours de la conservation au froid des laits fermentés issus des laits pasteurisés et incubés à différentes températures.**

Échantillons	$\Delta$ pH	$\Delta$ pH après 1 jour (unité du pH)	$\Delta$ pH après 14 jours (unité du pH)	$\Delta$ pH après 28 jours (unité du pH)
LC (63°C/30 min + 43 °C)		0,07±0,005 <sup>a</sup>	0,13±0,01 <sup>c</sup>	0,20±0,005 <sup>e</sup>
LC (63°C/30 min + 37 °C)		0,02±0,1 <sup>b</sup>	0,07±0,01 <sup>d</sup>	0,11±0,01 <sup>d</sup>
LC (85°C/30 min + 43 °C)		0,09±0,01 <sup>a</sup>	0,17±0,03 <sup>c</sup>	0,23±0,02 <sup>e</sup>
LC (85°C/30 min + 37 °C)		0,03±0,005 <sup>b</sup>	0,10±0,01 <sup>d</sup>	0,13±0,00 <sup>d</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### I-3-2-2-Effet sur l'évolution de l'acidité Dornic dans les différents laits fermentés au cours de la conservation au froid

L'évolution de l'acidité Dornic observée dans tous les échantillons de lait de chamelle fermentés va de paire avec les variations de pH enregistrés. (Tableaux N°14 et 15)

En effet, durant toute la période de conservation au froid, les laits fermentés fabriqués à 43 °C ont une acidité Dornic acquise significativement élevée par rapport à celle observée dans les laits fermentés fabriqués à 37°C et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée. ( $P < 0,05$ )

**Tableau N°15 : Influence de la température d'incubation sur l'acidité acquise des laits fermentés issus des laits de chamelle pasteurisés à différentes températures.**

Acidité acquise Échantillons	Acidité acquise après 1 jour (°D)	Acidité acquise après 14 jours (°D)	Acidité acquise après 28 jours (°D)
LC (63°C/30 min + 43 °C)	5,82±0,26 <sup>a</sup>	9,44±0,5 <sup>c</sup>	14,17±0,08 <sup>d</sup>
LC (63°C/30 min + 37 °C)	1,76±0,53 <sup>b</sup>	3,71±0,07 <sup>b</sup>	8,23±0,1 <sup>c</sup>
LC (85°C/30 min + 43 °C)	6,61±0,05 <sup>a</sup>	14,2±1,44 <sup>d</sup>	17,07±0,90 <sup>d</sup>
LC (85°C/30 min + 37 °C)	1,90±0,03 <sup>b</sup>	8,40±0,65 <sup>c</sup>	10,67±1,15 <sup>c</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

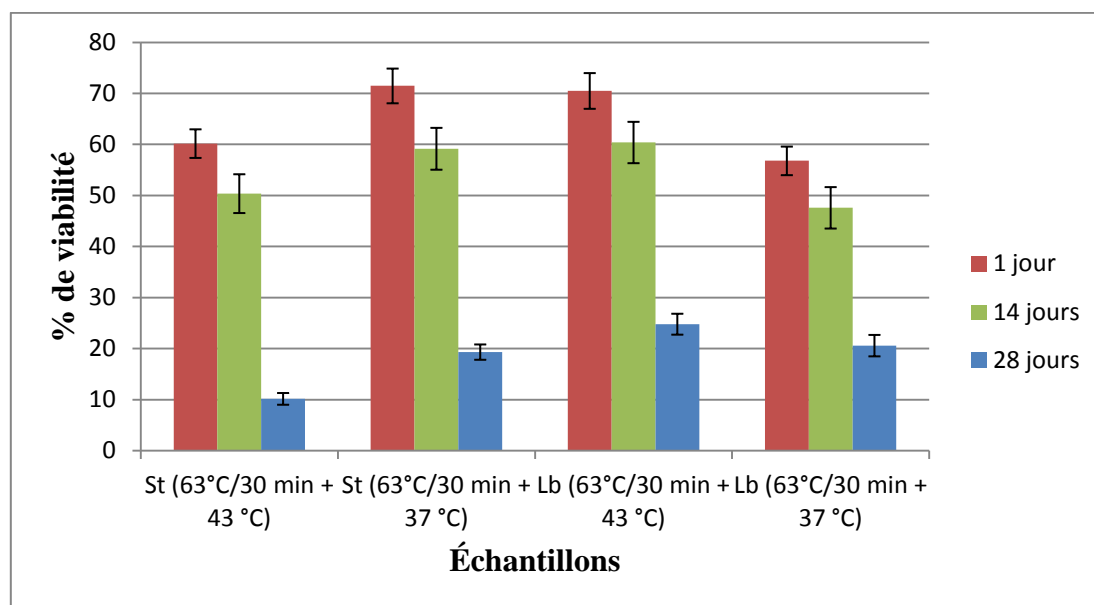
### I-3-2-3-Effet sur l'évolution de la charge microbienne pendant la conservation au froid.

Pendant toute la période de conservation au froid, la température d'incubation influe significativement sur la viabilité de *St. thermophilus* et de *Lb.bulgaricus* et ceci quelque soit le traitement thermique appliqué.

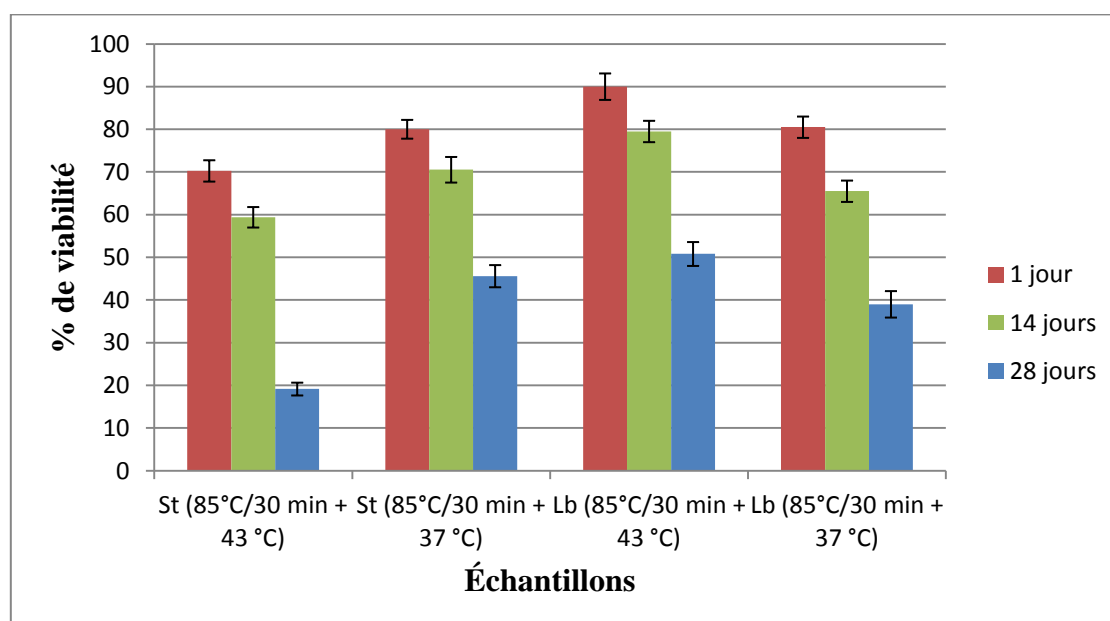
En effet, d'après les figures N° 8 et 9 l'incubation des laits à 37°C augmente significativement la viabilité de *St. thermophilus* par comparaison à celle observée dans les laits fermentés incubés à 43°C.

D'après ces mêmes figures, on remarque aussi que l'incubation à 37°C augmente également la viabilité de *St. thermophilus* par rapport à celle de *Lb. bulgaricus* contrairement aux laits incubés à 43°C où la viabilité de *Lb. bulgaricus* est significativement plus élevée à celle de *St. thermophilus*. ( $P < 0,05$ )

L'augmentation de la température de pasteurisation préalable du lait augmente significativement la viabilité des deux souches inoculées.



**Figure N° 8 : % de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et incubés à différentes températures.**

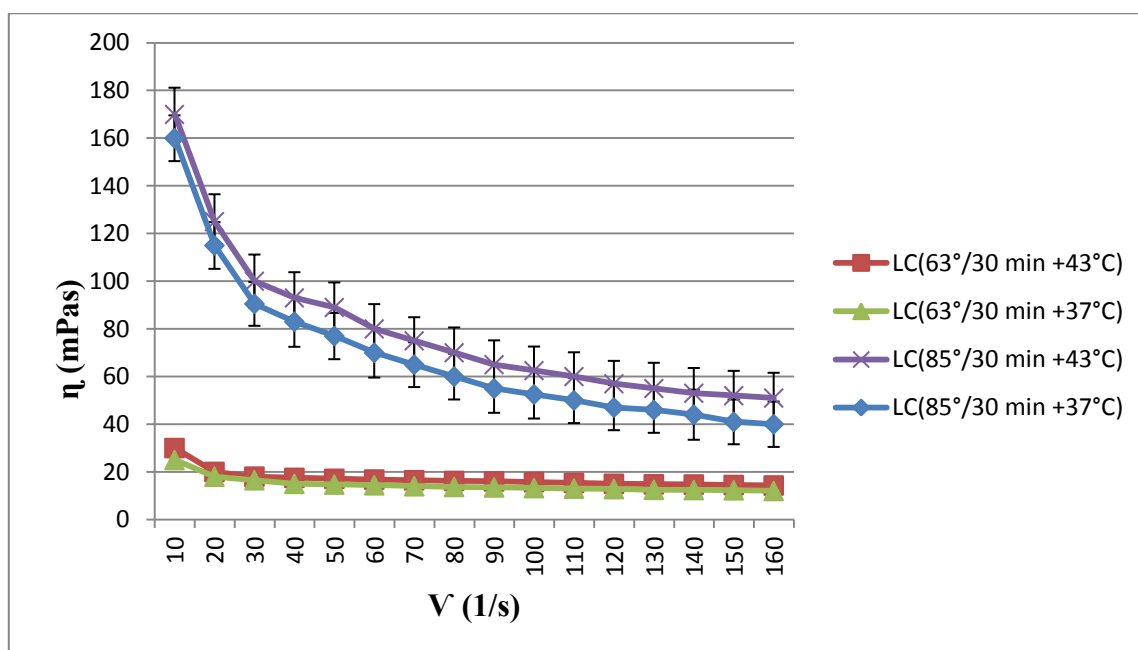


**Figure N° 9: % de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 85°C/30 min et incubés à différentes températures**

**I-3-3-Influence de la température d’incubation sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus.**

L’augmentation de la température d’incubation de 37°C à 43°C semble améliorer la viscosité apparente des laits fermentés, augmente significativement l’indice de consistance et réduit significativement l’indice de fluidité et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. (Figure N° 10 et Tableau N°16)

D’après cette figure, on remarque aussi une diminution de la viscosité apparente en fonction de l’augmentation de la vitesse de cisaillement et ceci dans tous les échantillons.



**Figure N° 10 : Influence de la température d’incubation sur la viscosité apparente des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min ou à 85°C/30 min.**

**Tableau N°16 : Influence de la température d’incubation sur les paramètres rhéologiques des laits fermentés issus des laits pasteurisés à différentes températures.**

Échantillons	K	N	R
LC (63°C/30 min + 43 °C)	102,26±5,00 <sup>a</sup>	0,7301±0,01 <sup>a</sup>	0,9148±0,04
LC (63°C/30 min + 37 °C)	83,55±3,80 <sup>b</sup>	0,6875±0,04 <sup>b</sup>	0,9250±0,01
LC (85°C/30 min + 43 °C)	1016±9,00 <sup>c</sup>	0,3772±0,02 <sup>c</sup>	0,9090±0,04
LC (85°C/30 min + 37 °C)	956,40±4,50 <sup>d</sup>	0,3050±0,01 <sup>d</sup>	0,9260±0,05

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### 1-3-4-Influence de la température d'incubation sur la capacité de rétention d'eau

L'augmentation de la température d'incubation de 37°C à 43°C augmente significativement la capacité de rétention d'eau dans tous les échantillons. (P<0,05) (Tableau N°17)

D'après le tableau ci-dessous, après 28 jours de conservation au froid, on remarque une diminution de la capacité de rétention d'eau dans tous les laits fermentés et elle est presque similaire dans les échantillons pasteurisés à la même température, de ce fait la température d'incubation n'a aucun effet significatif sur la réduction observée (P>0,05)

**Tableau N°17 : Influence de la température d'incubation sur la capacité de rétention d'eau.**

Échantillons	WHC après 1 jour (%)	WHC après 28 jours (%)
LC (63°C/30 min + 43 °C)	19,90±0,38 <sup>a</sup>	18,10±0,25 <sup>a</sup>
LC (63°C/30 min + 37 °C)	15,84±0,47 <sup>b</sup>	13,93±0,15 <sup>b</sup>
LC (85°C/30 min + 43 °C)	26,61±0,50 <sup>c</sup>	25,05±0,35 <sup>c</sup>
LC (85°C/30 min + 37 °C)	24,40±0,90 <sup>d</sup>	22,67±0,41 <sup>d</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### I-3-5- Influence de la température d'incubation sur la synérèse

Après 1 et 14 jours de conservation au froid, tous les échantillons sont exempts de lactosérum. C'est seulement après 28 jours de conservation qu'une synérèse apparait dans tous les échantillons.

D'après le tableau ci-dessous, l'augmentation de la température d'incubation de 37°C à 43°C min n'a aucun effet significatif sur la synérèse observée. (Tableau N°18)

**Tableau N°18 : Influence de la température d'incubation sur le degré de synérèse.**

Échantillons	Degré de synérèse après 28 jours (%)
LC (63°C/30 min + 43 °C)	2,31±0,48 <sup>a</sup>
LC (63°C/30 min + 37 °C)	2,56±0,60 <sup>a</sup>
LC (85°C/30 min + 43 °C)	1,21±0,30 <sup>b</sup>
LC (85°C/30 min + 37 °C)	1,57±0,85 <sup>b</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

## II- Influence de l'addition des substances végétales

### II-1- Composition chimique des substances végétales

D'après le tableau ci-dessous *Zingiber Offinale*, *Linum usitatissimum* et *Nigella sativa* se caractérisent par une teneur élevée en protéines et en cendre.

**Tableau N ° 19 : Composition chimique des substances végétales.**

	<i>Zingiber Offinale</i>	<i>Linum usitatissimum</i>	<i>Nigella sativa</i>
Protéine (%)	43,89 ± 0,49	16,44 ± 0,32	19,53 ± 0,60
Cendre (%)	7,200 ± 0,72	3,25 ± 0,05	3,98 ± 0,03

### II-2-Influence de l'addition de la poudre de gingembre

#### II-2- 1-Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle supplémenté de poudre de gingembre

L'enrichissement du lait de chamelle avec une concentration supérieure à 0,25 % de poudre de gingembre augmente significativement le taux d'extrait sec et de protéines et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée ( $P < 0.05$ ). Cependant, il n'a aucun effet significatif sur les pH initiaux des laits et le taux de cendres. ( $P > 0.05$ ) (Tableau N° 20).

**Tableau N° 20: Effet de la supplémentation sur certaines caractéristiques physicochimiques des laits pasteurisés à 63°C/30 min ou à 85°C/30 min.**

Traitement appliqué	Échantillons	Extrait sec %	Protéines %	Cendres %	pH (unite de pH)
LC pasteurisé à 63 °C/30 min	LC	10,05±0,14 <sup>a</sup>	3,57± 0,05 <sup>a</sup>	0,92±0,04 <sup>a</sup>	6,45±0,015 <sup>a</sup>
	LC+0,25%	10,34±0,15 <sup>ab</sup>	3,67 ± 0,0 <sup>ab</sup>	0,93± 0.05 <sup>a</sup>	6,48±0,00 <sup>a</sup>
	LC+0,5%	10,56±0,13 <sup>b</sup>	3,78±0,02 <sup>b</sup>	0,95±0.03 <sup>a</sup>	6,48±0,007 <sup>a</sup>
	LC+0,6%	10,70±0,10 <sup>bc</sup>	3,83 ±0,04 <sup>bc</sup>	0,96±0.05 <sup>a</sup>	6,48±0,007 <sup>a</sup>
	LC+0,75%	10,8 ±0.14 <sup>bc</sup>	3,89±0,05 <sup>bc</sup>	0,97±0.03 <sup>a</sup>	6,48±0,00 <sup>a</sup>
	LC+1%	11,06±0.4 <sup>c</sup>	4,0 ± 0,05 <sup>c</sup>	0,99±0.02 <sup>a</sup>	6,48±0,014 <sup>a</sup>
LC pasteurisé à 85°C/30 min	LC	9,55±0.10 <sup>a</sup>	3,38±0,02 <sup>a</sup>	0,90±0,01 <sup>a</sup>	6,45±0,008 <sup>a</sup>
	LC+0,25%	9,83±0,18 <sup>ab</sup>	3,51 ±0,03 <sup>ab</sup>	0,95± 0.03 <sup>a</sup>	6,47±0,003 <sup>a</sup>
	LC+0,5%	10,11±0,10 <sup>b</sup>	3,78±0,03 <sup>b</sup>	0,98±0.05 <sup>a</sup>	6,47±0,007 <sup>a</sup>
	LC+0,75%	10,2 ±0.11 <sup>b</sup>	3.89±0,05 <sup>b</sup>	1±0.05 <sup>a</sup>	6,47±0,00 <sup>a</sup>
	LC+1%	10.76±0.2 <sup>c</sup>	4.0 ± 0,06 <sup>c</sup>	1,1±0.09 <sup>a</sup>	6,47±0,014 <sup>a</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

## II-2-2-Évaluation de l'activité protéolytique de l'enzyme Zingibaine sur le lait de chamelle pasteurisé à 63°C /30 min et 85 °C /30 min

D'après le tableau N° 21, l'enzyme Zingibaine est active durant le traitement thermique et libère de l'azote non protéique (ANP).

On remarque que le taux libéré est proportionnel à la concentration de la poudre de gingembre ajoutée et il est significativement plus élevé dans le lait de chamelle enrichi et pasteurisé à 63°C /30 min par rapport à celui pasteurisé à 85°C /30 min et additionnée avec les mêmes concentrations ( $P < 0.0001$ ).

**Tableau N° 21 : Teneur en azote non protéique libéré par l'enzyme Zingibaine.**

Échantillons	ANP du lait pasteurisé à 63°C /30 (%)	ANP du lait pasteurisé à 85°C /30 (%)
LC+0,25%	0.09 ± 0.002 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,002 <sup>d</sup>
LC+0,5%	0.3 ± 0.007 <sup>b</sup>	0,09 ± 0,004 <sup>a</sup>
LC+0,6%	0.35 ± 0.007 <sup>b</sup>	/
LC+0,75%	0.40 ± 0,007 <sup>c</sup>	0,14 ± 0,01 <sup>e</sup>
LC+1%	0.44 ± 0.014 <sup>c</sup>	0,18 ± 0,02 <sup>e</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

## II-2-3-Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits

### II-2-3-1-Effet de la supplémentation sur la cinétique d'acidification

L'addition de poudre de gingembre au lait de chamelle semble accélérer significativement la vitesse moyenne d'acidification et réduit le temps nécessaire pour atteindre la vitesse maximum de 1 h 30 min et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. ( $P < 0.05$ ) (Figures N° 11, 12 et tableau N° 22).

En effet, après 1 h 30 min de fermentation, la vitesse moyenne d'acidification est 2 fois plus importante dans tous les laits supplémentés par rapport à celle observée dans le lait non supplémenté et elle atteint le maximum après seulement 3 h d'incubation. (Tableau N° 22)

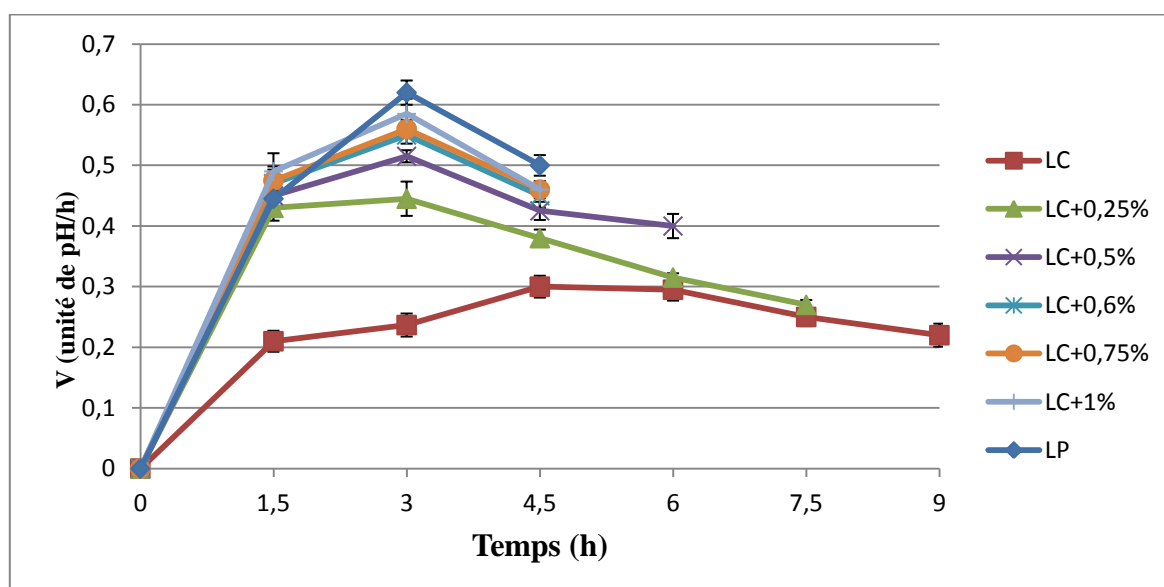
Toute fois, pendant les heures suivantes de la fermentation, l'amélioration de la cinétique d'acidification est moins importante dans le lait de chamelle supplémenté avec 0,25% de poudre de gingembre par rapport aux autres laits enrichis et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. ( $P > 0.05$ )

D'après le tableau N° 22, l'enrichissement du lait de chamelle augmente légèrement la vitesse maximum d'acidification dans le lait pasteurisés à 85 °C /30 min ( $P < 0.05$ ) alors qu'elle est presque multiplié par un facteur de 2 dans les laits supplémentés avec une concentration de poudre de gingembre supérieure à 0,5% et pasteurisé à 63°C /30 min ( $P < 0.0001$ )

De ce fait, les laits de chamelle enrichis avec 0,6, 0,75 et 1 % de poudre de gingembre et pasteurisés à 63°C /30 min atteignent le pH désiré (4,4) après 4 h 30 min d'incubation, alors que l'incubation se prolonge d'une demi-heure pour le lait de chamelle enrichi avec 0,5 %, de 3 h pour celui supplémenté avec 0,25 % et de 4 h 30 min pour le lait de chamelle non supplémenté.

Tandis que, les laits de chamelle enrichis avec 0,5, 0,75 et 1 % de poudre de gingembre et pasteurisés à 85 °C /30 min atteignent le pH désiré après 6 h d'incubation et celui enrichi avec 0,25 % et le lait témoin atteignent ce pH après 7 h 30 min.

D'après les figures N°11 et 12 et le tableau N° 22, la croissance des deux souches de la culture mixte sur les laits de chamelle témoins est lente par rapport à celle observée sur les laits de vache en poudre reconstitués, tandis qu'elle est presque similaire sur les laits de chamelle enrichis avec une concentration de poudre de gingembre supérieure à 0,5% et pasteurisés à 63°C /30 min. ( $P > 0.05$ )



**Figure N° 11 : Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min.**

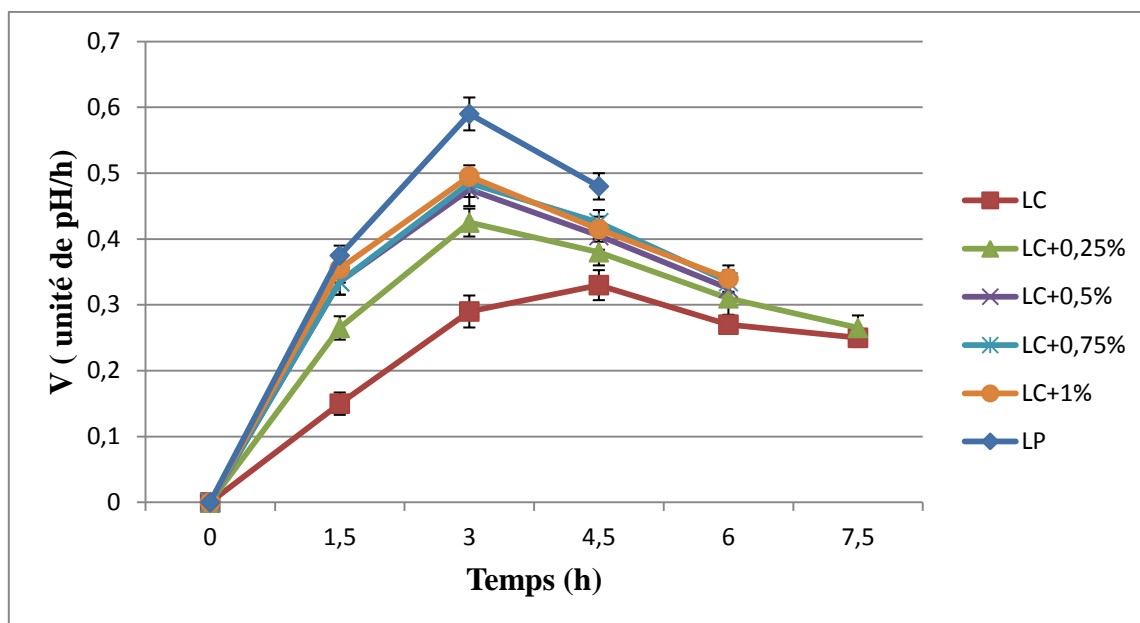


Figure N° 12 : Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la vitesse moyenne d’acidification des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min.

Tableau N° 22 : Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur les paramètres de la cinétique d’acidification des différents laits.

Traitement appliqué	Échantillons	V max (unité de pH/h)	T <sub>v max</sub> (h)	T <sub>f</sub> (h)
LC pasteurisé à 63 °C/30 min	LC	0,30±0,00 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
	LC+0,25%	0,43±0,028 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>
	LC+0,5%	0,51±0,007 <sup>c</sup>	3 <sup>b</sup>	5 <sup>c</sup>
	LC+0,6%	0,55±0,014 <sup>cd</sup>	3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>c</sup>
	LC+0,75%	0,55±0,00 <sup>cd</sup>	3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>c</sup>
	LC+1%	0,58±0,035 <sup>cd</sup>	3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>c</sup>
	LP	0,62±0,014 <sup>d</sup>	3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>c</sup>
LC pasteurisé à 85 °C/30 min	LC	0,33±0,028 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	7,5 <sup>b</sup>
	LC+0,25%	0,42±0,021 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>
	LC+0,5%	0,47±0,049 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>d</sup>
	LC+0,75%	0,48±0,021 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>d</sup>
	LC+1%	0,49±0,007 <sup>bc</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>d</sup>
	LP	0,59±0,007 <sup>c</sup>	3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>c</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-2-3-2-Effet de la supplémentation sur l'évolution de l'acidité Dornic au cours de l'incubation

D'après les figures N° 13 et 14, l'addition de poudre de gingembre au lait de chamelle augmente significativement la production d'acide lactique durant les 5 premières heures d'incubation. ( $P < 0.05$ )

Cependant, durant la période restante de la fermentation, l'augmentation de la production d'acide lactique est moins importante dans les laits enrichis avec 0,25 % de poudre de gingembre et devient non significative. ( $P > 0.05$ )

D'après ces figures, on remarque aussi que

- le lait de chamelle enrichi et pasteurisé à 63°C/30 min a tendance à s'acidifier plus que le lait de chamelle enrichi avec les mêmes concentrations et pasteurisé à 85 °C/30 min. ( $P < 0.05$ )

En effet, durant les premières 3 h d'incubation, l'acidité Dornic acquise des laits de chamelle enrichis avec une concentration de poudre de gingembre supérieure à 0,25 % et pasteurisés à 63°C /30 min est multiplié par un facteur de 3 par rapport à celle du lait de chamelle non supplémenté ( $P < 0.0001$ ), alors que l'acidité Dornic acquise des laits de chamelle enrichis avec les mêmes concentrations et pasteurisés à 85°C /30 min est seulement presque double par rapport à celle du lait de chamelle non supplémenté.

- Durant les 3 premières heures de l'incubation, l'acidité Dornic évolue de la même manière dans les laits de chamelle enrichis avec la poudre de gingembre à une concentration supérieur à 0,25 % et le lait en poudre ( $P > 0.05$ ) tandis que durant la période restante de l'incubation, la différence observée devient statistiquement significative ( $P < 0.05$ ).

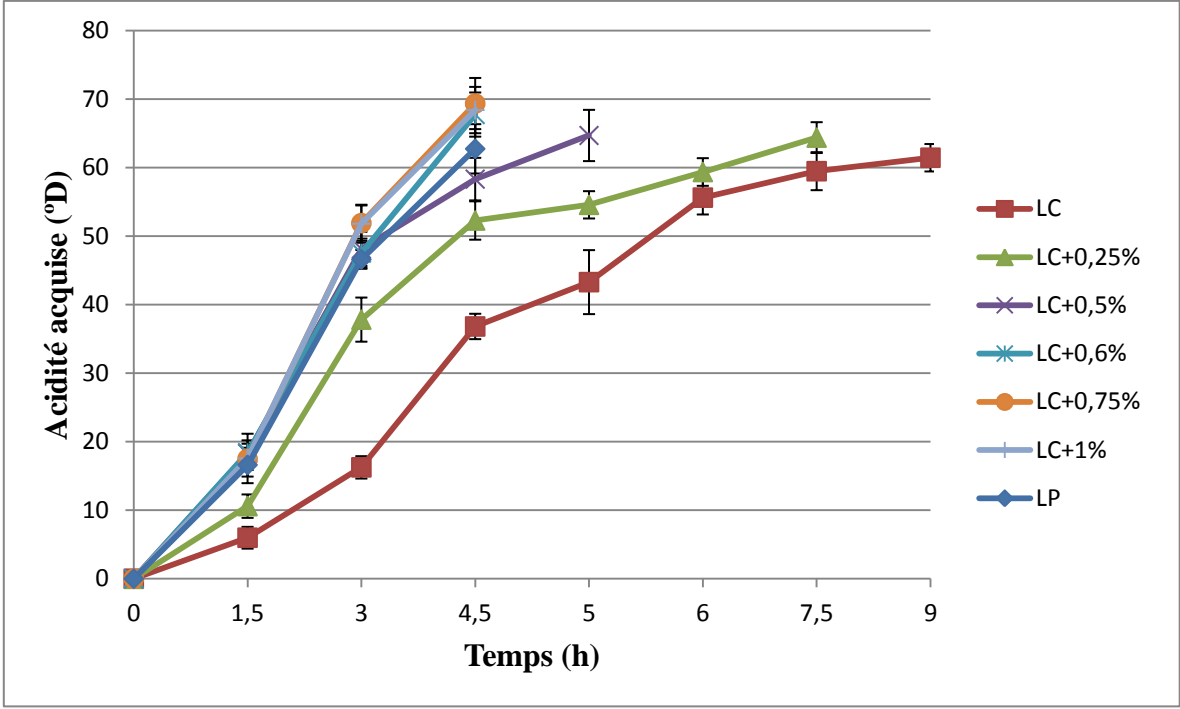


Figure N° 13 : Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 63 °C / 30 min.

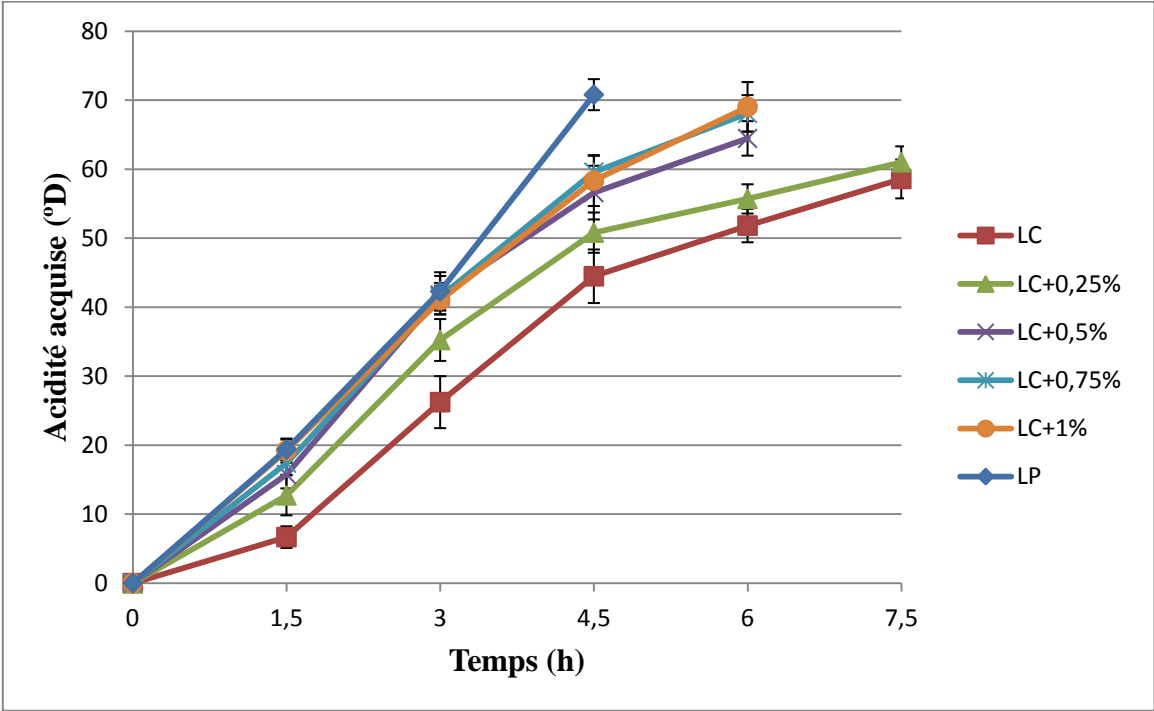


Figure N° 14 : Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 85 °C / 30 min.

### II-2-3-3-Influence de l'addition de la poudre de gingembre sur la croissance des deux souches de la culture mixte sur lait de chamelle pasteurisé à différentes températures

L'addition de poudre de gingembre au lait de chamelle semble améliorer significativement la croissance des deux souches de la culture mixtes par comparaison au lait de chamelle témoin et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. (Figures N° 15 et 16)

Ce résultat confirme ceux obtenus par l'étude de la cinétique d'acidification et le développement de l'acidité Dornic. (Figures N°11, 12, 13 et 14).

Toutefois, l'amélioration observée est meilleure sur le lait pasteurisé à 63°C /30 min et enrichi de 0,6% de poudre de gingembre puisque durant les premières 3 h d'incubation, la charge de *St. thermophilus* est environ 10 fois supérieure dans ce lait par comparaison au lait de chamelle témoin, alors que la charge de *Lb.bulgaricus* est presque 3 fois plus importante. (P<0.05). (Figure N°15)

Tandis que, la charge de ces deux souches est seulement multiplié par un facteur de 2 sur le lait de chamelle enrichi de 0,5% de poudre et pasteurisé à 85°C /30 min. (Figure N°16)

D'après ces figures, on remarque aussi que:

- la charge de *St. thermophilus* sur lait de chamelle supplémenté ou non de poudre de gingembre est significativement plus élevée tout au long du processus de fermentation par rapport à celle de *Lb.bulgaricus* (P<0.05)
- Au pH de fin de culture nécessitant 4 h 30 min ou 6 h pour le lait de chamelle additionné, la charge des deux souches de la culture mixte est significativement inférieure à celle atteintes dans le lait non supplémenté requérant 9 h ou 7 h 30 min respectivement pour que ce pH soit atteint. (P<0.05).

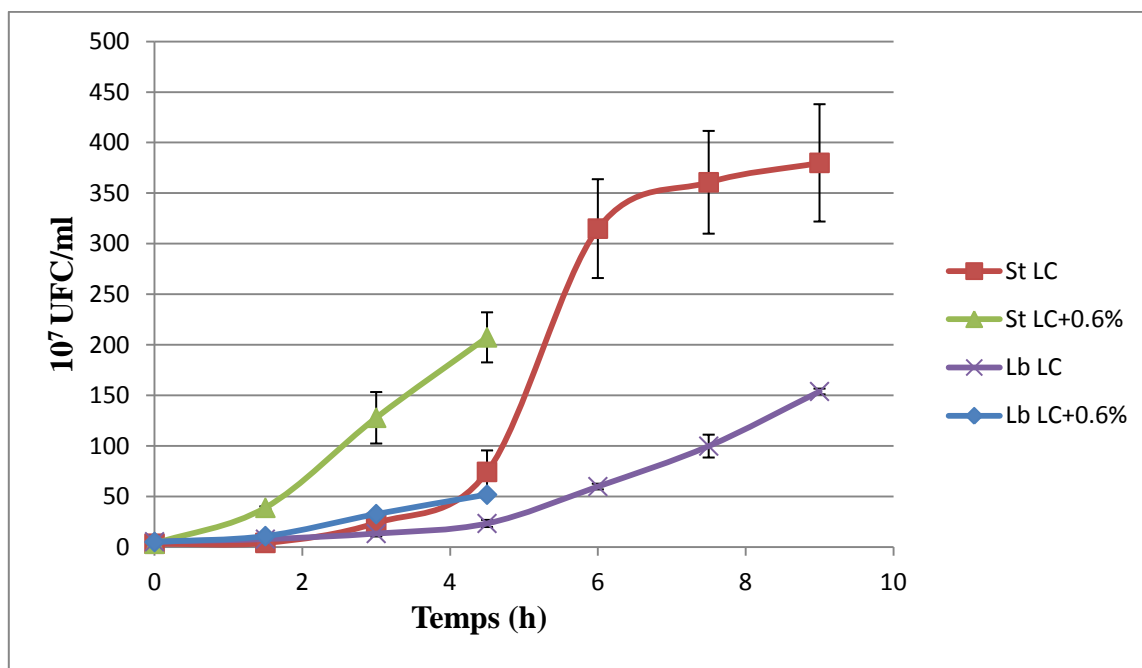


Figure N° 15 : Influence de l'addition de 0,6% de poudre de gingembre sur la charge de *St. thermophilus* et *Lb.bulgaricus* cultivées sur lait de chamelle pasteurisés à 63°/30 min.

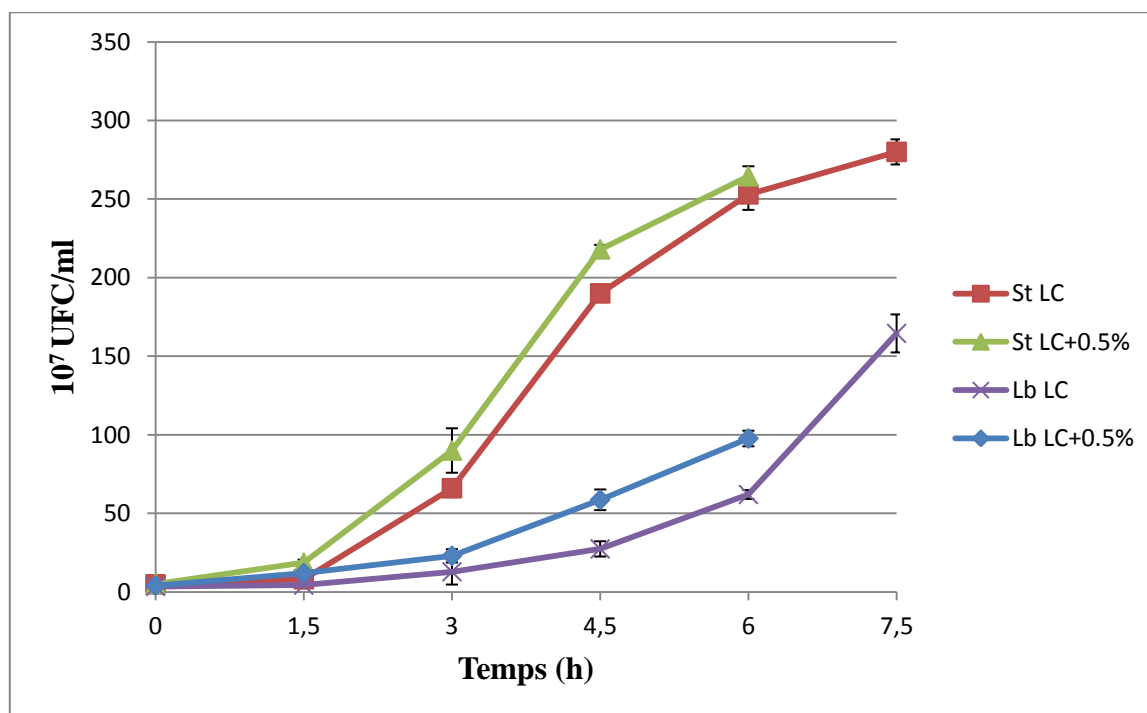


Figure N°16: Influence de l'addition de 0,5% de poudre de gingembre sur la charge de *St. thermophilus* et *Lb.bulgaricus* cultivées sur lait de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min.

## II-2-4-Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés.

### II-2-4-1-Effet de la supplémentation sur l'évolution du pH dans les différents laits fermentés pendant la conservation au froid

Après 24h de conservation au froid, tous les laits fermentés enrichis de poudre de gingembre et pasteurisés soit à 85 °C ou à 63°C pendant 30 min ont subi une post acidification supérieure à celle observée dans le lait fermenté témoin ( $P < 0.05$ ).

Toute fois, au delà de cette période de conservation au froid cette post acidification devient moins importante dans tous les laits fermentés mais la différence observée entre les laits supplémentés avec des concentrations supérieures à 0,25 % de poudre de gingembre et le lait témoin reste significatif. ( $P < 0.05$ ) (Tableau N° 23).

Après 28 jours de stockage au froid, la variation du pH observée dans les échantillons issus des laits pasteurisés soit à 85°C/30 min ou à 63°C/30 min se situe entre 0,24-0,35 unité du pH

**Tableau N° 23 : Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur la variation de pH des différents laits fermentés pendant la conservation au froid**

Échantillons Temps	Variation de pH dans les laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min (unité de pH)					
	LC	LC+0.25%	LC+0.5%	LC+0,6%	LC+0.75%	LC+1%
<b>1 jour</b>	0,08±0,007 <sup>a</sup>	0,19±0,03 <sup>b</sup>	0,22±0,007 <sup>b</sup>	0,24±0,021 <sup>b</sup>	0,25±0,042 <sup>b</sup>	0,23±0,007 <sup>b</sup>
<b>14 jours</b>	0,19±0,007 <sup>b</sup>	0,21±0,021 <sup>b</sup>	0,26±0,014 <sup>c</sup>	0,28±0,021 <sup>c</sup>	0,29±0,014 <sup>c</sup>	0,29±0,007 <sup>c b</sup>
<b>28 jours</b>	0,26±0,014 <sup>c</sup>	0,24±0,01 <sup>c b</sup>	0,33±0,015 <sup>d</sup>	0,32±0,014 <sup>d</sup>	0,31±0,028 <sup>d c</sup>	0,35±0,014 <sup>d</sup>
Variation de pH dans des laits de chamelle pasteurisés à 85 °C/30 min (unité de pH)						
<b>1 jour</b>	LC	LC+0.25%	LC+0.5%	/	LC+0.75%	LC+1%
<b>14 jours</b>	0,10±0,035 <sup>a</sup>	0,14±0,014 <sup>b</sup>	0,15±0,021 <sup>b</sup>	/	0,14±0,028 <sup>b</sup>	0,16±0,04 <sup>b</sup>
<b>28 jours</b>	0,20±0,056 <sup>c</sup>	0,22±0,070 <sup>c</sup>	0,27±0,042 <sup>d</sup>	/	0,27±0,070 <sup>d</sup>	0,24±0,049 <sup>d</sup>
	0,26±0,003 <sup>e</sup>	0,29±0,021 <sup>ef</sup>	0,32±0,021 <sup>f</sup>	/	0,31±0,014 <sup>f</sup>	0,32±0,007 <sup>f</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-2-4-2-Effet de la supplémentation sur l'évolution de l'acidité Dornic dans les différents laits fermentés au cours de la conservation au froid

L'évolution de l'acidité Dornic observée dans tous les échantillons de laits de chamelle fermentés va de paire avec les variations de pH enregistrées. (Tableaux N° 23 et 24)

En effet, après 24h de conservation au froid les laits fermentés de chamelle supplémentés et pasteurisés soit à 85 °C ou à 63°C/30 min ont une acidité Dornic acquise supérieure à celle observée dans le lait témoin. (P<0,05) (Tableau N ° 24)

Toute fois, durant les semaines suivantes de la période de conservation au froid, la différence observée entre les laits supplémentés à des concentrations supérieures à 0,25 % de poudre de gingembre et le lait témoin devient moins importante mais elle reste significative. (P<0.05)

**Tableau N° 24 : Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur l'acidité acquise des laits fermentés au cours de la conservation au froid.**

Échantillons	Acidité acquise des laits de chamelle pasteurisés à 63 °C/30 min (°D)					
	LC	LC+0.25%	LC+0.5%	LC+0,6%	LC+0.75%	LC+1%
<b>1 jour</b>	6,69±0,35 <sup>a</sup>	10,72±2,5 <sup>b</sup>	11,90±2,5 <sup>b</sup>	13,00±0,7 <sup>bc</sup>	15,11±3,32 <sup>c</sup>	15,42±2,71 <sup>c</sup>
<b>14 jours</b>	11,06±1,33 <sup>b</sup>	11,49±2,6 <sup>b</sup>	15,62±1,6 <sup>c</sup>	15,80±2,8 <sup>c</sup>	16,34±0,00 <sup>c</sup>	17,82±0,80 <sup>c</sup>
<b>28 jours</b>	21,87±1,25 <sup>d</sup>	20,11±3,0 <sup>d</sup>	27,95±2,4 <sup>d</sup>	26,6±1,40 <sup>d</sup>	27,2±3,8 <sup>d</sup>	28,11±1,33 <sup>d</sup>
Échantillons	Acidité acquise des laits de chamelle pasteurisés à 85 °C/30 min (°D)					
	LC	LC+0.25%	LC+0.5%	/	LC+0.75%	LC+1%
<b>1 jour</b>	9,09±4,68 <sup>a</sup>	13,82±1,40 <sup>b</sup>	14,18±0,54 <sup>b</sup>	/	15,92±2,6 <sup>b</sup>	14,19±0,6 <sup>b</sup>
<b>14 jours</b>	15,1±3,94 <sup>b</sup>	15,08±2,36 <sup>b</sup>	18,61±1,39 <sup>c</sup>	/	19,17±0,8 <sup>c</sup>	20,79±5,9 <sup>c</sup>
<b>28 jours</b>	20,12±2,99 <sup>d</sup>	23,16±1,5 <sup>d</sup>	24,23±1,67 <sup>e</sup>	/	24,68±4,5 <sup>e</sup>	26,12±0,7 <sup>e</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

#### II-2-4-3-Effet de la supplémentation sur l'évolution de la charge microbienne pendant la conservation au froid

Au cours de la conservation au froid, la charge de *Lb. bulgaricus* et *St. thermophilus* a tendance à diminuer progressivement dans tous les échantillons et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée. (P <0,05)

Toutefois, l'addition de la poudre de gingembre améliore la viabilité de *St. thermophilus* pendant toute cette période.

En effet, d'après les figures N°17 et 18 on remarque que :

- la viabilité de *St. thermophilus* est significativement plus élevée à celle de *Lb. bulgaricus* contrairement au lait témoin ou la viabilité de *Lb. bulgaricus* est significativement plus élevée à celle de *St. thermophilus*.

- La viabilité de *St. thermophilus* est supérieure dans les laits fermentés enrichis par rapport à celle observée dans le lait témoin mais elle est statistiquement significative seulement pendant la première quinzaine de conservation ( $P < 0,05$ )

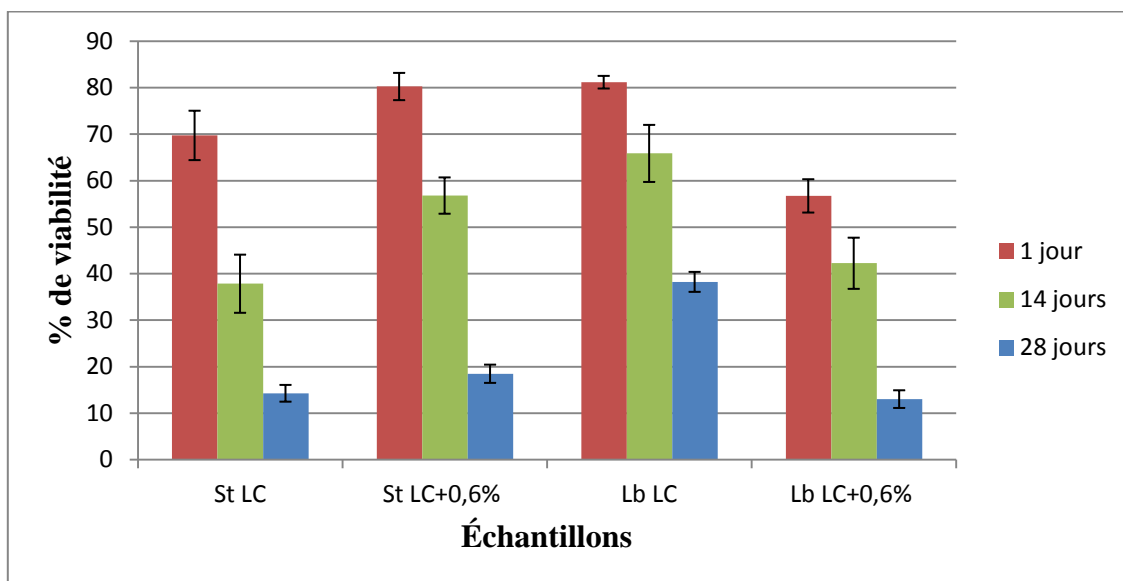


Figure N°17 : % de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre.

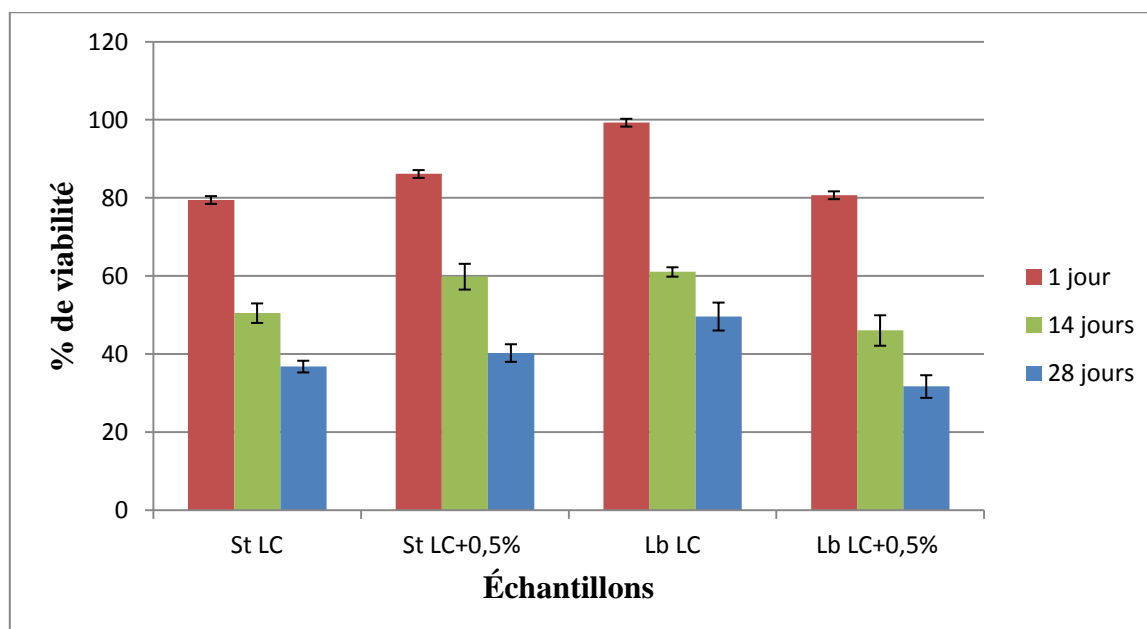


Figure N°18 : % de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre.

À la fin de la période de conservation au froid, on aboutit à des laits fermentés ayant un pH de 4,14 unité de pH, une acidité Dornic supérieure à 80°D et une charge finale de *Lb bulgaricus* et *St. thermophilus* supérieure à  $10^7$  (Tableau N°25)

**Tableau N° 25 : Caractéristiques des laits fermentés enrichis avec la poudre de gingembre après 28 jours de conservation au froid.**

Traitement thermique	Échantillons	pH final (Unité de pH)	Acidité Dornic (°D)	La charge microbienne UFC( $10^7$ )
LC pasteurisé á 63°C/30 min	LC	4,190±0,014	100,1±0,9334	Lb : 58,91±3,755 St : 54,36±5,148
	LC+0,6%	4,135±0,021	123,9±2,51	Lb : 6,79±1,117 St : 38,38±3,380
LC pasteurisé á 85°C/30 min	LC	4,14±0,003	97,63±5,360	Lb : 81,67±8,839 St : 103,15±14,14
	LC+0,5%	4,1±0,021	122,5±1,73	Lb : 30,98±5,65 St : 106,61±9,54

### II-2-5-Influence de l'addition de poudre de gingembre sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus.

D'après les figures N°19 et 20, on remarque une diminution de la viscosité apparente en fonction de l'augmentation de la vitesse de cisaillement.

On remarque aussi une rupture rapide de la structure du gel du lait témoin lors du cisaillement initial alors qu'elle est progressive dans les laits additionnés.

L'addition de la poudre de gingembre au lait semble améliorer la viscosité apparente des gels et augmente significativement l'indice de consistance et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. (Figures N°19 et 20 et Tableau N°26)

En effet, par comparaison à l'indice de consistance du lait fermenté témoin, celui des laits enrichis et pasteurisés à 63°C/30 min ou à 85°C/30 min est 3 à 5 fois plus élevé respectivement. Ces résultats sont confirmés par les valeurs de l'indice de fluidité qui sont significativement inférieures dans les laits additionnés (Tableau N°26)

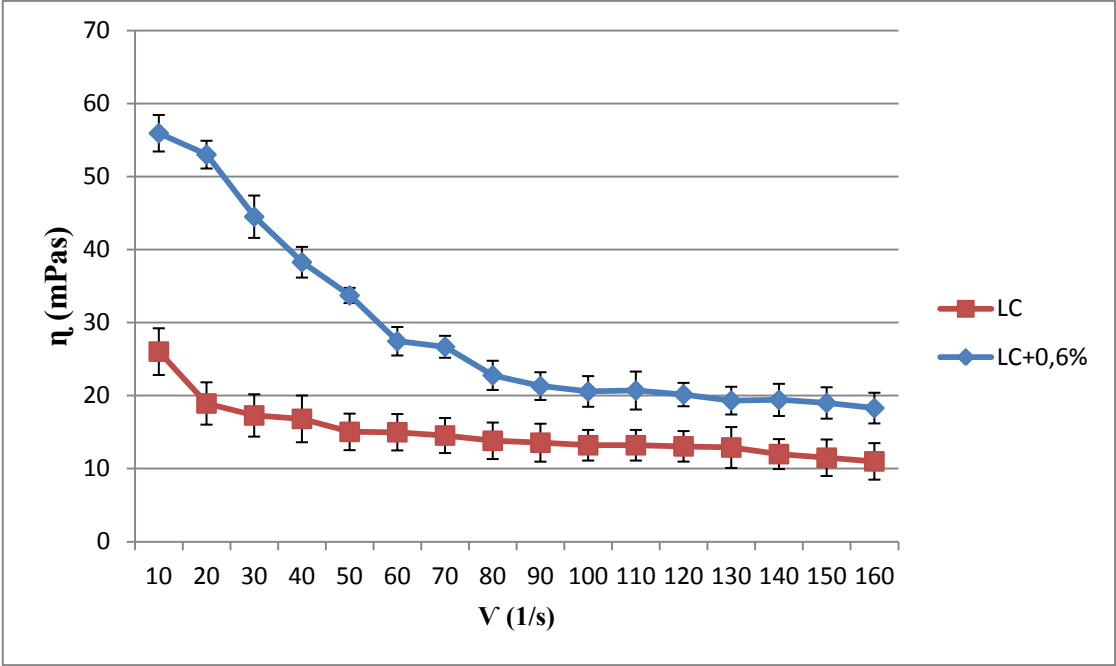


Figure N°19 : Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre.

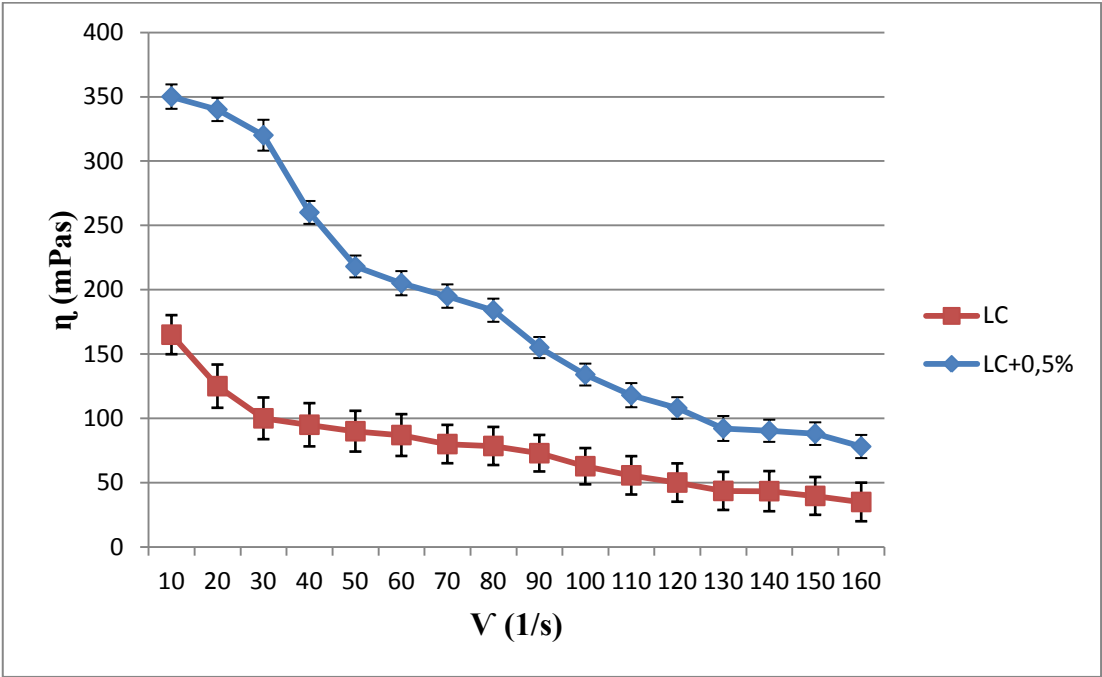


Figure N° 20 : Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de gingembre.

**Tableau N° 26: Influence de l'addition de poudre de gingembre sur les paramètres rhéologiques des différents laits fermentés**

Traitement thermique	Échantillons	K	N	R
LC pasteurisé à 63°C/30 min	LC	91,94 ± 6,61 <sup>a</sup>	0,6127 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,9684 ± 0,01
	LC+0,6%	247,6 ± 11,46 <sup>b</sup>	0,4840 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,9781 ± 0,02
LC pasteurisé à 85°C/30 min	LC	891,8 ± 73,68 <sup>c</sup>	0,3962 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,9119 ± 0,00
	LC+0,5%	4525 ± 133,6 <sup>d</sup>	0,1913 ± 0,08 <sup>d</sup>	0,9911 ± 0,02

**II-2-6-Influence de l'addition de la poudre de gingembre sur la capacité de rétention d'eau.**

L'addition de la poudre de gingembre avec une concentration supérieure à 0,25% augmente significativement la capacité de rétention d'eau par comparaison au lait témoin et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée. (P<0,05)

Après 28 jours de conservation au froid, la capacité de rétention d'eau diminue dans tous les échantillons mais la diminution observée est minime dans les laits fermentés enrichis et pasteurisé à 85°C/30 min (P>0,05) tandis qu'elle est statistiquement significative dans les laits témoins et les laits enrichis et pasteurisé à 63°C/30 min. (Tableau N°27)

**Tableau N° 27 : Influence du taux de poudre de gingembre additionné sur la capacité de rétention d'eau des différents laits fermentés.**

Échantillons	WHC des laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min (%)					
	LC	LC+0,25%	LC+ 0,5%	LC+0,6%	LC+0,75%	LC+1%
Temps						
1jour	21,86±0,81 <sup>a</sup>	22,63±0,7 <sup>ab</sup>	23,90±0,5 <sup>b</sup>	23,70±0,1 <sup>b</sup>	24,5 ±0,9 <sup>cb</sup>	25,47±0,1 <sup>cb</sup>
28 jours	18,17±0,2 <sup>c</sup>	19,33±0,2 <sup>ed</sup>	19,53±0,2 <sup>ed</sup>	19,23±0,3 <sup>ed</sup>	20,64±0,36 <sup>d</sup>	21,07±0,5 <sup>d</sup>
	WHC des laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min (%)					
	LC	LC+0,25%	LC+ 0,5%	LC+0,6%	LC+0,75%	LC+1%
1jour	28,38±1,2 <sup>c</sup>	28,80±1,4 <sup>c</sup>	31,61±1,8 <sup>d</sup>	/	32,48±0,59 <sup>d</sup>	32,98±0,01 <sup>d</sup>
28 jours	25,98±0,2 <sup>c</sup>	28,17±0,6 <sup>c</sup>	29,96±2,5 <sup>d</sup>	/	30,85±0,2 <sup>d</sup>	31,92±0,8 <sup>d</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-2-7-Influence de l'addition de la poudre de gingembre sur la synérèse

Après 1jour de conservation au froid, tous les échantillons sont exempts de lactosérum, alors que durant la période restante de la conservation au froid, on a observé l'apparition d'une synérèse dans tous les échantillons, celle ci augmente avec le temps de conservation. (Tableau N° 28)

Cependant, le volume de lactosérum exsudé est moins important dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min par rapport à celui observé dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min.

L'addition de la poudre de gingembre réduit l'exsudation de lactosérum et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée, mais cette réduction reste non significative. (P>0,05) (Tableau N°28)

En outre, on remarque aussi que la diminution de la synérèse est proportionnelle à la concentration de la poudre ajoutée.

**Tableau N°28: Influence du taux de poudre de gingembre ajouté sur le degré de synérèse des différents laits fermentés.**

Échantillons	Degré de synérèse dans les laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min (%)					
	LC	LC+ 0,25%	LC+ 0,5%	LC+0,6%	LC+ 0,75%	LC+ 1%
<b>Temps</b>						
<b>14 jours</b>	1,83±0,07 <sup>a</sup>	1,70±0,02 <sup>a</sup>	1,54±0,14 <sup>a</sup>	1,48±0,02 <sup>a</sup>	1,48±0,12 <sup>a</sup>	1,35±0,06 <sup>a</sup>
<b>28 jours</b>	4,06±0,06 <sup>b</sup>	3,43±0,09 <sup>b</sup>	3,70±0,06 <sup>b</sup>	3,67±0,03 <sup>b</sup>	3,30±0,07 <sup>b</sup>	3,10±0,07 <sup>b</sup>
	Degré de synérèse dans les laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min (%)					
	LC	LC+0,25%	LC+ 0,5%	LC+0,6%	LC+0,75%	LC+1%
<b>14jours</b>	1,65±0,12 <sup>a</sup>	1,51±0,01 <sup>a</sup>	1,46±0,07 <sup>a</sup>	/	1,37±0,17 <sup>a</sup>	1,25±0,12 <sup>a</sup>
<b>28 jours</b>	1,75±0,12 <sup>a</sup>	1,60±0,20 <sup>a</sup>	1,61±0,23 <sup>a</sup>	/	1,50±0,35 <sup>a</sup>	1,48±0,24 <sup>a</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-3-Influence de l'addition de la poudre de graines de *Linum usitatissimum*.

#### II-3-1-Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle supplémenté de poudre de graines de *Linum usitatissimum*

L'addition de la poudre de graines de lin à différentes concentrations au lait de chamelle augmente significativement le taux d'extrait sec et de protéines. (P<0.05) Tandis qu'elle n'a aucun effet significatif sur les pH initiaux des laits et le taux de cendres et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. (Tableau N°29).

**Tableau N° 29 : Effet de la supplémentation sur certaines caractéristiques physicochimiques des laits pasteurisés.**

Traitement appliqué	Échantillons	Extrait sec %	Protéines %	Cendres %	pH (unité de pH)
<b>LC pasteurisé à 63 °C/30 min</b>	LC	11,62±0,10 <sup>a</sup>	3,94± 0,06 <sup>a</sup>	1,02±0,01 <sup>a</sup>	6,36±0,00 <sup>a</sup>
	LC+0,5%	12,15±0,12 <sup>b</sup>	4,08 ± 0,03 <sup>b</sup>	1,03± 0.02 <sup>a</sup>	6,35±0,007 <sup>a</sup>
	LC+1%	12,60±0,11 <sup>b c</sup>	4,13±0,02 <sup>b</sup>	1,05±0.03 <sup>a</sup>	6,38±0,00 <sup>a</sup>
	LC+1,5%	13,07 ±0,14 <sup>c</sup>	4,23±0,05 <sup>c</sup>	1,06±0.09 <sup>a</sup>	6,37±0,03 <sup>a</sup>
	LC+2%	13,52±0,4 <sup>d c</sup>	4.34± 0,05 <sup>d</sup>	1,08±0.03 <sup>a</sup>	6,38±0,02 <sup>a</sup>
<b>LC pasteurisé à 85 °C/30 min</b>	LC	11,44±0,13 <sup>a</sup>	3,81±0,04 <sup>a</sup>	0,99±0,03 <sup>a</sup>	6,32±0,02 <sup>a</sup>
	LC+0,5%	11,92±0,16 <sup>b</sup>	3,89 ±0,06 <sup>a b</sup>	1,00± 0.05 <sup>a</sup>	6,37±0,007 <sup>a</sup>
	LC+1%	12,39±0,12 <sup>b</sup>	4,01±0,08 <sup>b</sup>	1,02±0.07 <sup>a</sup>	6,36±0,03 <sup>a</sup>
	LC+1,5%	12,89±0,15 <sup>c</sup>	4,08±0,05 <sup>b</sup>	1,04±0.0 <sup>a</sup>	6,38±0,014 <sup>a</sup>
	LC+2%	13,34±0,1 <sup>c</sup>	4,18 ± 0,06 <sup>c</sup>	1,05±0.09 <sup>a</sup>	6,38±0,007 <sup>a</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### **II-3-2-Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits**

#### **II-3-2-1-Effet de la supplémentation sur la cinétique d'acidification**

L'enrichissement du lait de chamelle avec de la poudre de graines de lin semble accélérer significativement la vitesse moyenne d'acidification au cours de l'incubation et réduit le temps nécessaire pour atteindre la vitesse maximum de 1h30 min et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. (P<0,05) (Figures N°21 et 22 et tableau N° 30)

Toutefois, pendant les premières 3 h d'incubation, l'accélération de la vitesse moyenne d'acidification est plus importante dans les laits de chamelle supplémentés et pasteurisés à 63 °C /30 min par rapport à celle observée dans les laits de chamelle supplémentés avec les mêmes concentrations et pasteurisés à 85 °C /30 min, mais la différence notée est statistiquement significative seulement dans les laits supplémentés avec une concentration de poudre des graines de lin supérieure à 1%. (Figures N° 21 et 22). (P<0,05)

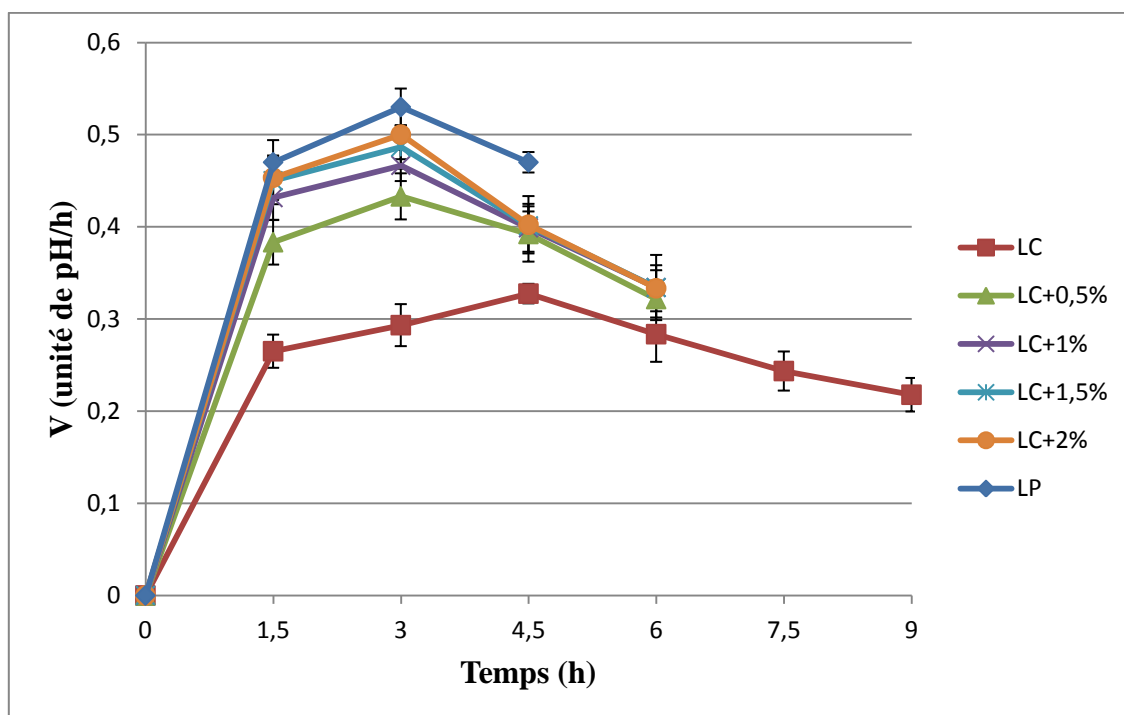
De ce fait, la réduction du temps d'incubation nécessaire pour atteindre le pH de fin de culture dans les laits enrichis et pasteurisés à 63 °C /30 min (33,33 %.) est plus importante par rapport à celle observée dans les laits de chamelle supplémentés avec les mêmes concentrations et pasteurisé à 85 °C /30 min (20 %). (P<0,05) (Tableau N° 30)

D'après les figures 21 et 22 on note un effet du taux de poudre de graines ajoutés sur la vitesse moyenne d'acidification et ceci à 1h 30 min et à 3h dans les laits pasteurisés à 63 °C /30 min alors que dans les laits pasteurisés à 85°C /30 min cette influence n'est apparente que à 1h 30 min.

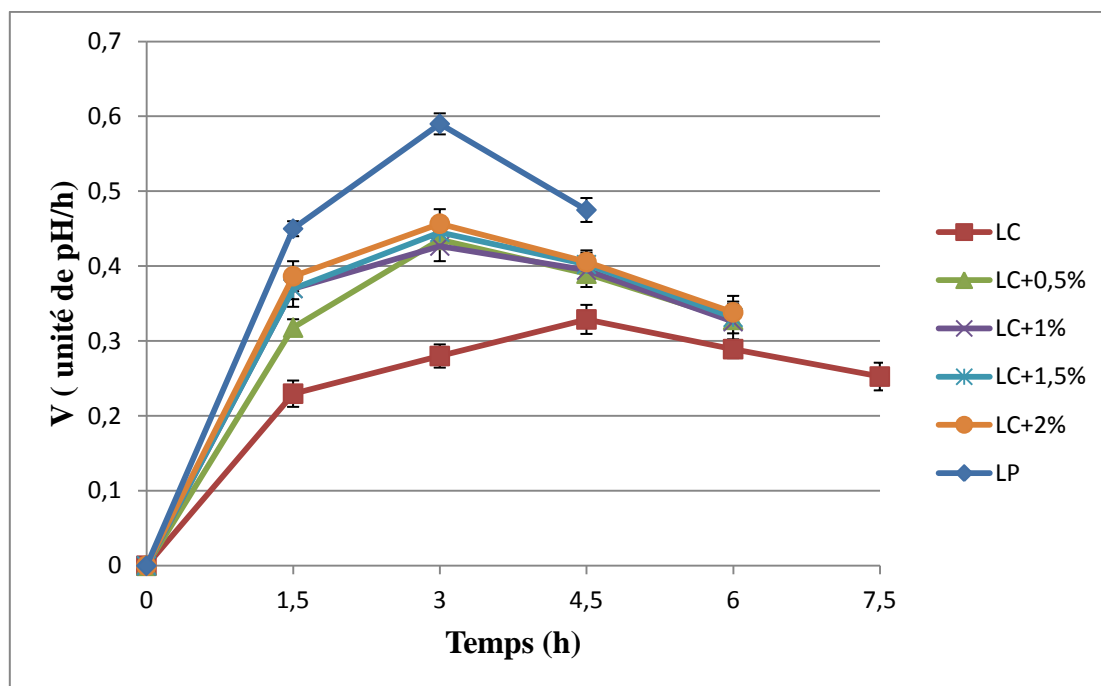
D'après ces mêmes figures on remarque aussi que la croissance des deux souches de la culture mixte sur les laits de chamelle témoin est lente par rapport à celle observée sur le lait en poudre tandis qu'elle est presque similaire sur les laits de chamelle enrichis avec une concentration de poudre de graines de lin supérieure à 0,5%.

En effet, au début de la période d'incubation (1h 30 min dans les laits pasteurisés à 85°C /30 min et 3h dans les laits pasteurisés à 63°C /30 min) la comparaison des vitesses d'acidification ne montre pas de différence statistiquement significative. ( $P>0,05$ )

Par conséquent, le lait de vache en poudre reconstitué atteint le pH de fin de culture après 4h 30 min d'incubation alors que l'incubation se prolonge de 1h 30 min pour les laits enrichis, de 3h pour le lait de chamelle témoin pasteurisés à 85°C /30 min et de 4h 30 min pour le lait de chamelle témoin pasteurisé à 63°C /30 min.



**Figure N° 21 : Influence du taux de poudre de graine de lin ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur les laits de chamelle pasteurisés à 63 °C pendant 30 min.**



**Figure N°22 : Influence du taux de poudre de graine de lin ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur lait de chamelle pasteurisé à 85°C pendant 30 min.**

**Tableau N° 30 : Influence du taux de poudre de graine de lin ajouté sur les paramètres de la cinétique d'acidification des différents laits.**

Traitement appliqué	Échantillons	V max (unité de pH/h)	T <sub>v max</sub> (h)	T <sub>f</sub> (h)
LC pasteurisé à 63 °C/30 min	LC	0,32±0,010 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
	LC+0,5%	0,40±0,00 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	LC+1%	0,46±0,042 <sup>b c</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	LC+1,5%	0,48±0,00 <sup>c</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	LC+2%	0,50±0,009 <sup>c</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	LP	0,53±0,042 <sup>c</sup>	3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>c</sup>
LC pasteurisé à 85 °C/30 min	LC	0,32±0,009 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	7,5 <sup>d</sup>
	LC+0,5%	0,43±0,011 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	LC+1%	0,42±0,023 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	LC+1,5%	0,44±0,002 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	LC+2%	0,45±0,009 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>
	LP	0,59±0,014 <sup>c</sup>	3 <sup>b</sup>	4,5 <sup>c</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-3-2-2-Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'évolution de l'acidité Dornic au cours de l'incubation

D'après les figures N° 23 et 24, l'évolution de l'acidité Dornic de tous les échantillons de laits de chamelle va de paire avec la cinétique d'acidification. (Figures N° 21 et 22)

En effet, au delà d'une heure et demi d'incubation, l'enrichissement du lait de chamelle avec la poudre de graines de lin influe significativement sur la production d'acide lactique et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. ( $P < 0,05$ )

En outre, on remarque aussi que la production d'acide lactique est proportionnelle à la concentration de la poudre de graines de lin ajoutée.

D'après ces figures, on remarque aussi que durant les premières trois heures d'incubation, l'acidité Dornic évolue de la même manière dans les laits de chamelle enrichis et le lait de vache en poudre reconstitué tandis que durant l'une heure et demi suivante de l'incubation, la différence observée est statistiquement significative ( $P < 0,05$ ).

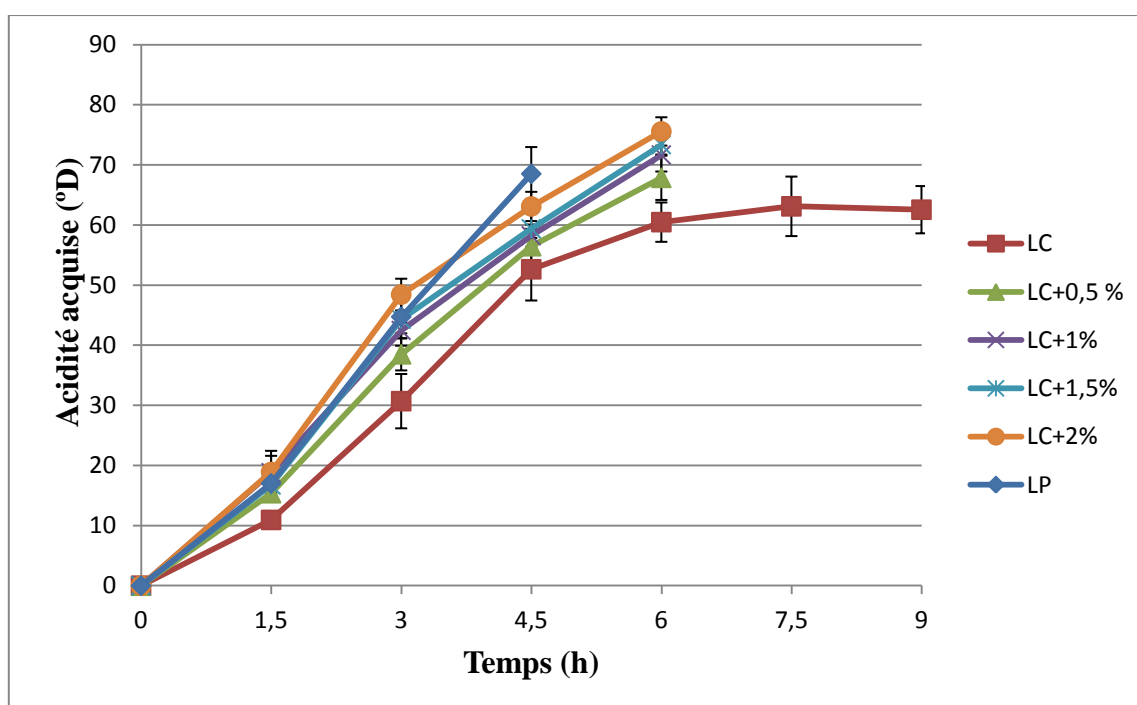
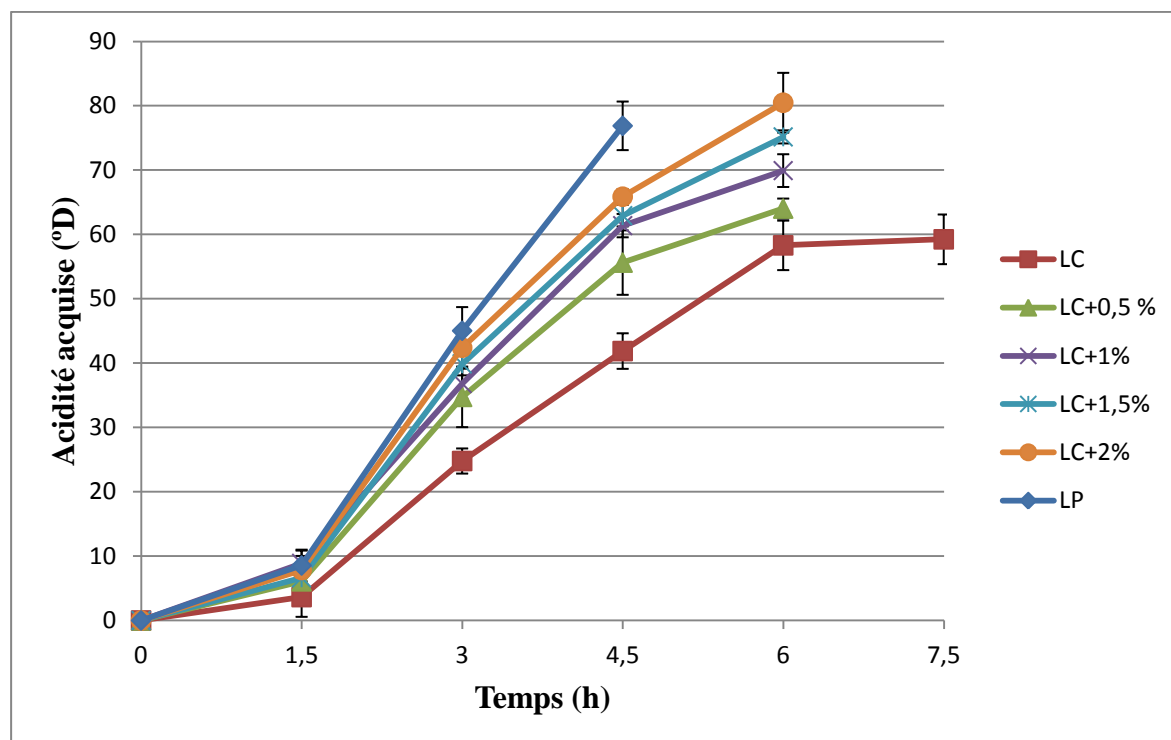


Figure N° 23 : Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 63 °C / 30 min.



**Figure N°24 : Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'acidité acquise des laits pasteurisés à 85 °C / 30 min.**

### **II-3-2-3-Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur lait de chamelle pasteurisé à différentes températures**

L'enrichissement du lait de chamelle avec la poudre de graines de lin à raison de 1,5 % semble améliorer la croissance des deux souches de la culture mixtes par comparaison au lait de chamelle témoin. (Figures N° 25 et 26)

Ce résultat va de paire avec les résultats de l'étude de la cinétique d'acidification et le développement de l'acidité Dornic. (Figures N° 21, 22, 23 et 24)

En effet, au début de la période d'incubation (3 h pour les laits enrichis et pasteurisés à 85°C /30 min et 4 h 30 min pour les laits enrichis et pasteurisés à 63°C /30 min), la charge de *St. thermophilus* et de *Lb.bulgaricus* est double par comparaison à celle observée dans le lait de chamelle témoin.

Toutes fois, durant les heures suivantes d'incubation la différence observée est moins importante mais elle reste significative. ( $P < 0.05$ ). (Figures N° 25 et 26)

D'après ces figures, on remarque aussi que :

- La charge de *St. thermophilus* sur tous les laits de chamelle est significativement plus élevée par rapport à celle de *Lb. bulgaricus*. ( $P < 0.05$ )
- Au pH de fin de culture nécessitant 6h pour le lait de chamelle additionné, la charge des deux souches de la culture mixte est significativement inférieure à celle atteintes dans le lait non supplémenté requérant 9 h pour que ce pH soit atteint. ( $P < 0.05$ ).

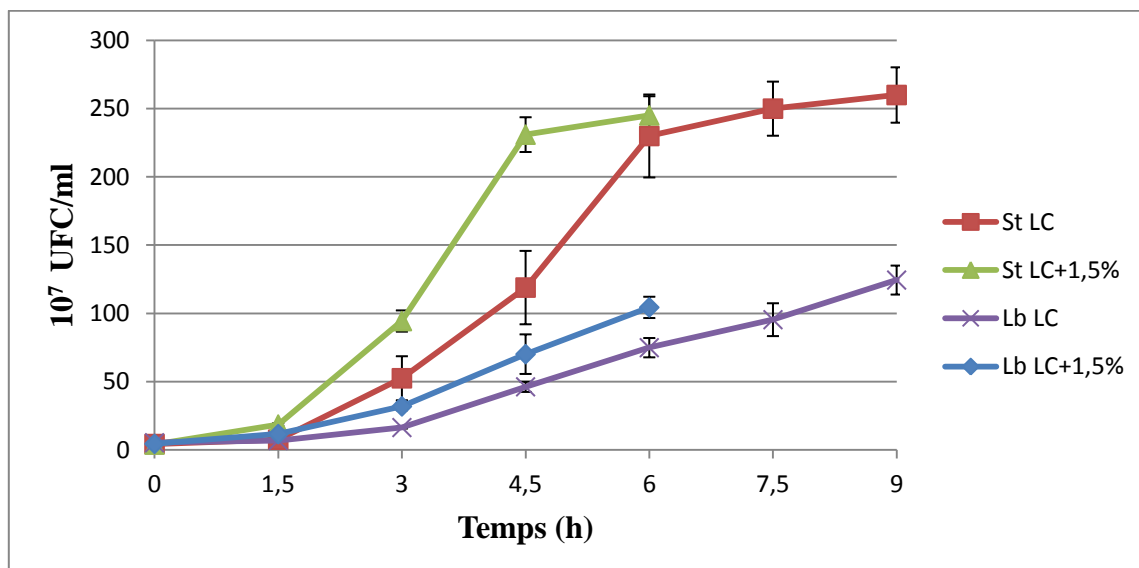


Figure N° 25 : Influence de l'addition de 1,5% de poudre de graines de lin la charge de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* cultivées sur lait de chamelle pasteurisé à 63°/30 min.

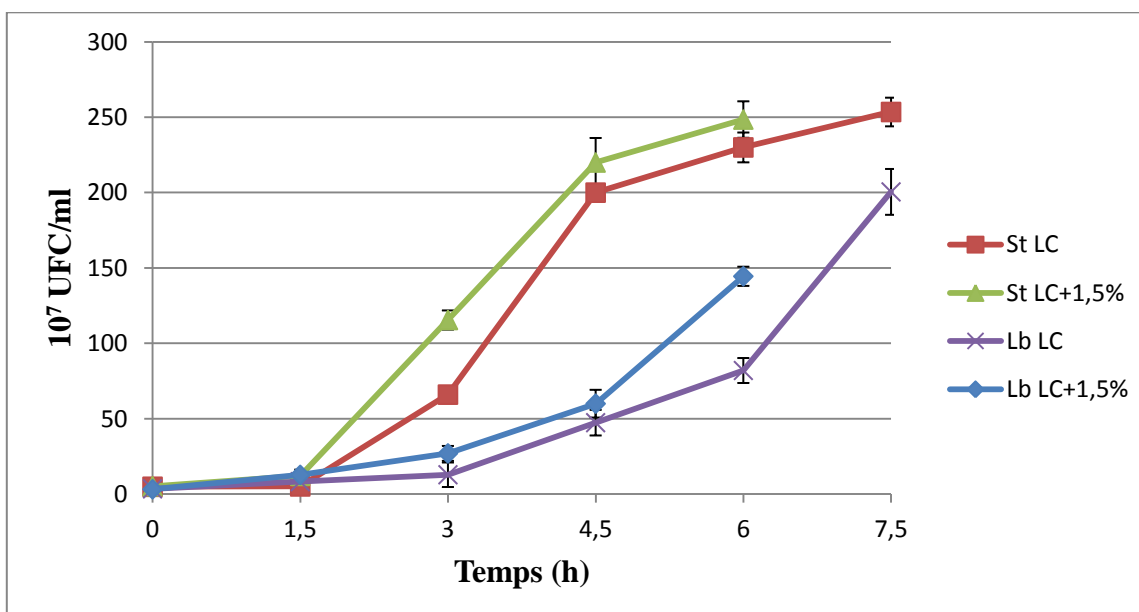


Figure N° 26: Influence de l'addition de 1,5% de poudre de graines de lin sur la charge de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* cultivées sur lait de chamelle pasteurisé à 85°/30 min.

### II-3-3-Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur la viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés.

#### II-3-3-1-Effet de la supplémentation sur l'évolution du pH dans les différents laits fermentés pendant la conservation au froid

Pendant la première quinzaine de conservation au froid, tous les laits fermentés enrichis de poudre de graines de lin ont subi une post acidification significativement plus importante à celle observée dans le lait fermenté témoin ( $P < 0.05$ ).

Tandis que, durant la deuxième quinzaine de conservation, le pH évolue de la même manière dans tous les échantillons et la différence observée entre les laits supplémentés et le lait témoin devient non significative. ( $P > 0.05$ ) (Tableau N° 31)

Après 28 jours de stockage au froid, la variation du pH observée dans les échantillons issus de laits pasteurisés soit à  $85^{\circ}\text{C}/30$  min ou à  $63^{\circ}\text{C}/30$  min se situe entre 0,25-0,35 unité de pH.

**Tableau N° 31: Influence du taux de poudre des graines de lin ajouté sur la variation de pH dans les différents laits fermentés pendant la conservation au froid.**

Échantillons	Variation de pH dans les laits de chamelle pasteurisés à $63^{\circ}\text{C}/30$ min (unité de pH)				
	LC	LC+ 0.5%	LC+ 1%	LC+ 1.5%	LC+ 2%
<b>1 jour</b>	0,07±0,03 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>b</sup>	0,13±0,05 <sup>b</sup>	0,12±0,04 <sup>b</sup>	0,13±0,04 <sup>b</sup>
<b>14 jours</b>	0,16±0,02 <sup>b</sup>	0,25±0,03 <sup>c</sup>	0,24±0,05 <sup>c</sup>	0,25±0,02 <sup>c</sup>	0,26±0,02 <sup>c</sup>
<b>28 jours</b>	0,25±0,01 <sup>c</sup>	0,25±0,03 <sup>c</sup>	0,25±0,03 <sup>c</sup>	0,26±0,02 <sup>c</sup>	0,27±0,01 <sup>c</sup>
Échantillons	Variation de pH dans les laits de chamelle pasteurisés à $85^{\circ}\text{C}/30$ min (unité de pH)				
	LC	LC+ 0.5%	LC+ 1%	LC+ 1.5%	LC+ 2%
<b>1 jour</b>	0,08±0,01 <sup>a</sup>	0,13±0,02 <sup>b</sup>	0,14±0,01 <sup>b</sup>	0,13±0,02 <sup>b</sup>	0,15±0,02 <sup>b</sup>
<b>14 jours</b>	0,19±0,02 <sup>c</sup>	0,28±0,014 <sup>d</sup>	0,28±0,07 <sup>d</sup>	0,29±0,07 <sup>d</sup>	0,28±0,01 <sup>d</sup>
<b>28 jours</b>	0,32±0,02 <sup>d</sup>	0,30±0,02 <sup>d</sup>	0,31±0,04 <sup>d</sup>	0,31±0,06 <sup>d</sup>	0,30±0,03 <sup>d</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

#### II-3-3-2-Effet de la supplémentation sur l'évolution de l'acidité Dornic dans les différents laits fermentés au cours de la conservation au froid

Les acidités développées dans les différents laits y compris le lait témoin augmentent de façon significative entre le début et la fin de la période de conservation. ( $P < 0,05$ )

Pendant la première quinzaine de conservation au froid, tous les laits fermentés enrichis de poudre de graines de lin ont une acidité Dornic acquise significativement plus importante que celle observée dans le lait fermenté témoin ( $P < 0.05$ ).

Toute fois, durant la deuxième quinzaine de conservation au froid, la différence enregistrée devient négligeable dans tous les laits fermentés. ( $P > 0,05$ ) (Tableau N° 32)

**Tableau N° 32: Influence du taux de poudre de graines de lin ajouté sur l'acidité acquise des laits fermentés au cours de la conservation au froid.**

Échantillons	Acidité acquise des laits de chamelle pasteurisés à 63 °C/30 min (°D)				
	LC	LC+ 0.5%	LC+ 1%	LC+ 1.5%	LC+ 2%
<b>Temps</b>					
<b>1 jour</b>	6,23±3,88 <sup>a</sup>	10,32±2,19 <sup>b</sup>	11,32±0,2 <sup>b</sup>	11,41±1,19 <sup>b</sup>	12,25±0,65 <sup>b</sup>
<b>14 jours</b>	14,73±0,8 <sup>c</sup>	20,63±3,52 <sup>d</sup>	18,92±0,82 <sup>d</sup>	18,51±2,76 <sup>d</sup>	19,14±1,11 <sup>d</sup>
<b>28 jours</b>	21,33±4,15 <sup>d</sup>	22,43±1,26 <sup>d</sup>	21,47±3,34 <sup>d</sup>	19,76±4,23 <sup>d</sup>	22,24±2,39 <sup>d</sup>
	Acidité acquise des laits de chamelle pasteurisés à 85 °C/30 min (°D)				
	LC	LC+ 0.5%	LC+ 1%	LC+ 1.5%	LC+ 2%
<b>1 jour</b>	7,97±0,60 <sup>a</sup>	11,98±0,32 <sup>b</sup>	12,51±1,86 <sup>b</sup>	13,38±0,12 <sup>b</sup>	13,46±1,40 <sup>b</sup>
<b>14 jours</b>	16,28±1,06 <sup>c</sup>	21,02±3,56 <sup>d</sup>	22,90±0,71 <sup>d</sup>	21,24±0,79 <sup>d</sup>	19,11±0,09 <sup>d</sup>
<b>28 jours</b>	25,74±2,70 <sup>d</sup>	24,17±1,93 <sup>d</sup>	23,15±1,63 <sup>d</sup>	24,34±1,64 <sup>d</sup>	22,21±2,07 <sup>d</sup>

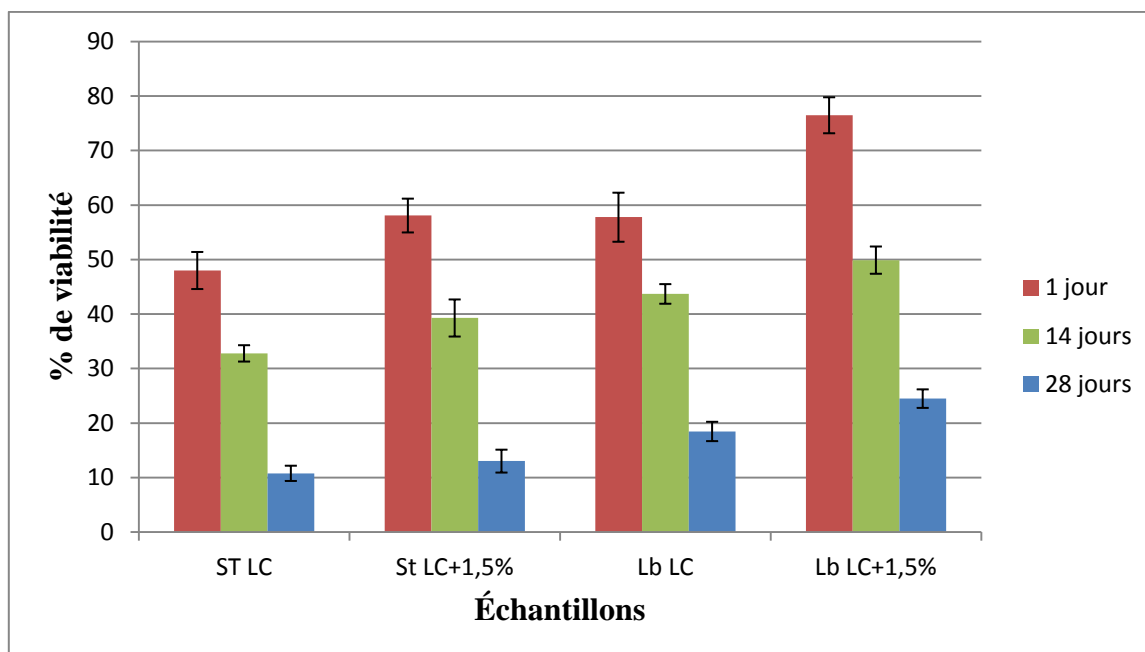
Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-3-3-3-Effet de la supplémentation sur l'évolution de la charge microbienne pendant la conservation au froid

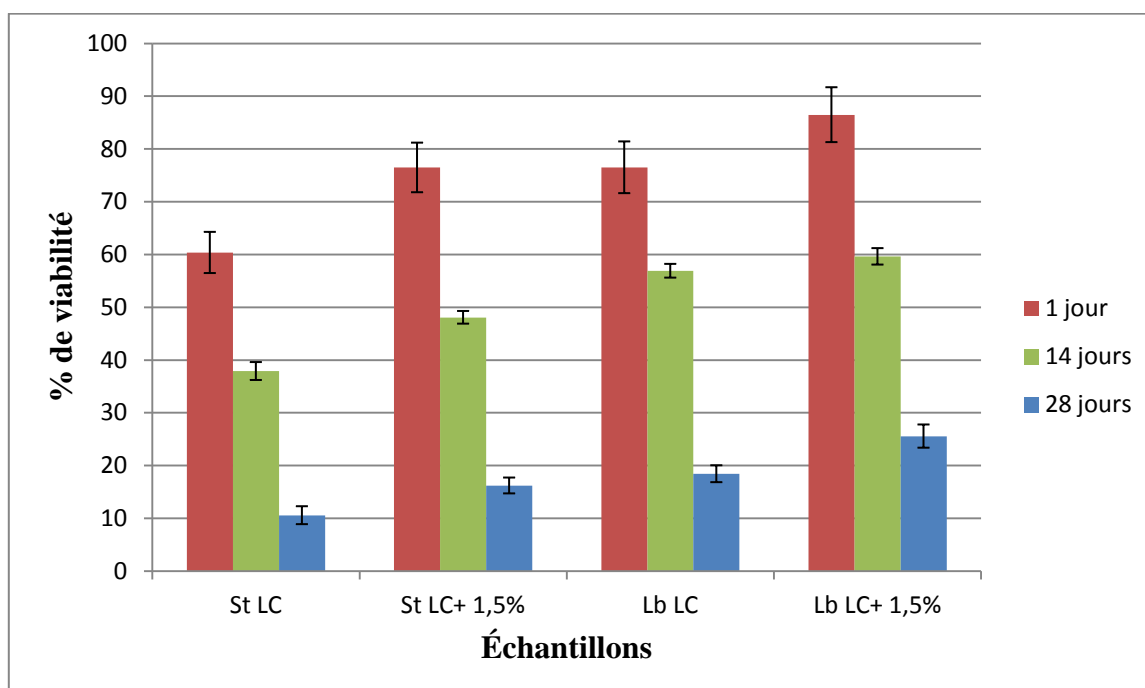
Durant 28 jours de conservation au froid, on observe une diminution progressive et significative de la charge de *Lb. bulgaricus* et *St. thermophilus* dans tous les échantillons. ( $P < 0,05$ )

Après un jour de conservation, la viabilité de *St. thermophilus* est significativement plus élevée par rapport à celle de *Lb. bulgaricus*, toutefois durant la deuxième quinzaine de conservation, on remarque que la viabilité de *Lb. bulgaricus* est significativement plus élevée par rapport à celle de *St. thermophilus* et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée. (Figures N° 27 et 28)

D'après ces figures, on remarque aussi que la viabilité des deux souches de la culture mixte est significativement meilleure dans le lait enrichi par rapport à celle observée dans le lait témoin. ( $P < 0,05$ )



**Figure N°27 : % de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graine de lin.**



**Figure N° 28: % de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graine de lin.**

À la fin de la période de conservation au froid, on aboutit à des laits fermentés ayant un pH de 4,08 unité de pH, une acidité Dornic supérieure à 80°D et une charge finale de *Lb bulgaricus* et *St. thermophilus* supérieure à  $10^7$  (Tableau N° 33)

**Tableau N° 33 : Caractéristiques des laits fermentés enrichis avec la poudre de lin après 28 jours de conservation au froid.**

Traitement thermique	Échantillons	pH final (Unité de pH)	Acidité Dornic (°D)	La charge microbienne UFC( $10^7$ )
<b>LC pasteurisé á 63°C/30 min</b>	LC	4,155±0,014	105,9±2,475	<b>Lb:</b> 23,65±11,81 <b>St :</b> 28,08±5,240
	LC+1,5%	4,108±0,03	113,3±4,52	<b>Lb:</b> 25,60±15,20 <b>St:</b> 31,96±0,91
<b>LC pasteurisé á 85°C/30 min</b>	LC	4,103±0,02	106,8±1,83	<b>Lb:</b> 36,95±7,07 <b>St:</b> 26,79±2,68
	LC+1,5%	4,045±0,06	124,5±2,82	<b>Lb:</b> 36,93±3,77 <b>St:</b> 40,25±9,47

#### **II-3-4-Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus**

D'après les figures N° 29 et 30, on remarque une diminution de la viscosité apparente en fonction de l'augmentation de la vitesse de cisaillement.

On remarque aussi une rupture rapide de la structure du gel du lait témoin lors du cisaillement initial alors qu'elle est progressive dans les laits additionnés.

D'après le tableau N° 34 et ces mêmes figures, le lait fermenté supplémenté semble être plus visqueux que le lait fermenté témoin et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée.

En effet, par comparaison au lait témoin l'addition de la poudre de graines de lin augmente significativement l'indice de consistance, il est environ 4 fois supérieur dans le lait pasteurisé à 85°C/30 min alors que il est multiplié par un facteur de 2 dans le lait pasteurisé à 63°C/30 min. Ces résultats sont confirmés par les valeurs de l'indice de fluidité qui sont significativement inférieures dans les laits additionnés.

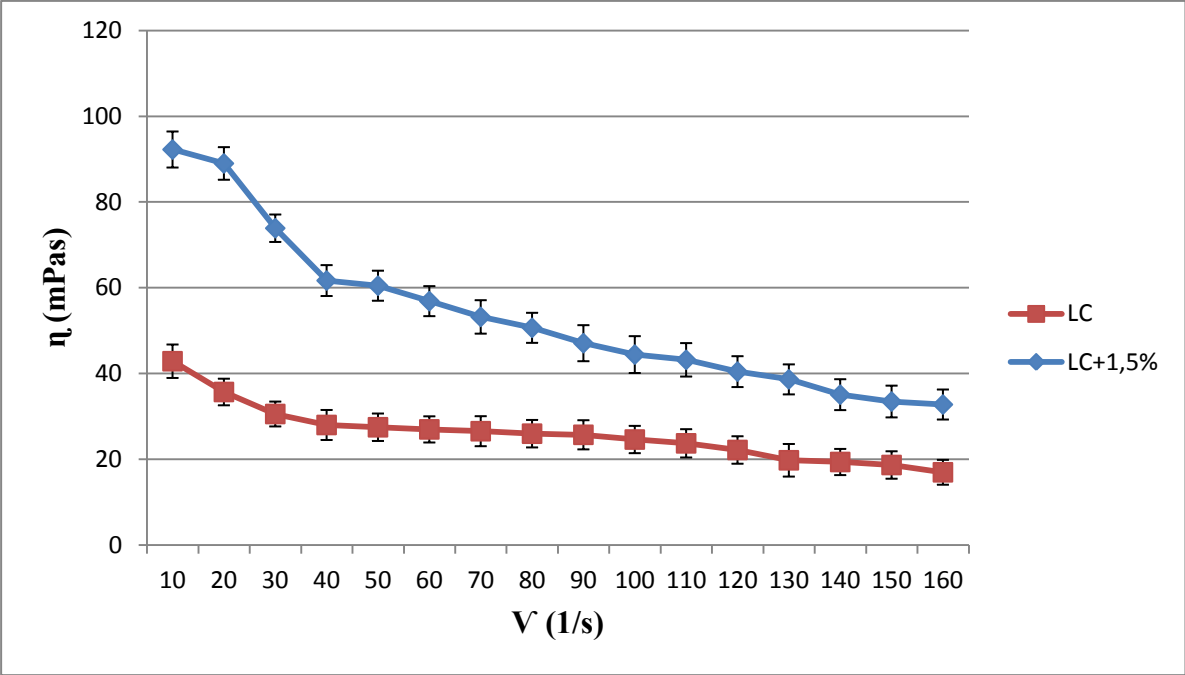


Figure N° 29: Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de lin.

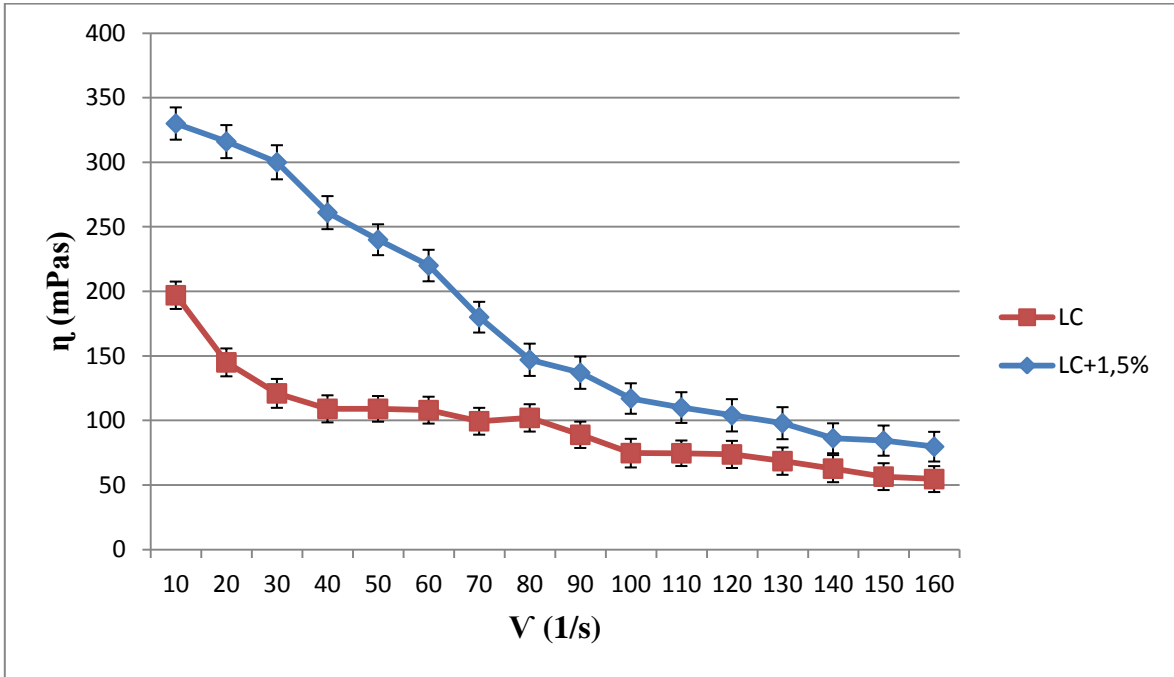


Figure N° 30: Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de lin.

**Tableau N° 34 : Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur les paramètres rhéologiques des différents laits fermentés.**

Traitement thermique	Échantillons	K	N	R
LC pasteurisé à 63°C/30 min	LC	160,5±17,25 <sup>a</sup>	0,6148±0,086 <sup>a</sup>	0,8857±0,06244
	LC+1,5%	335,9±24,40 <sup>b</sup>	0,5721±0,03231 <sup>b</sup>	0,9432±0,04709
LC pasteurisé à 85°C/30 min	LC	1220±247,5 <sup>c</sup>	0,3795±0,05459 <sup>c</sup>	0,9452±0,039
	LC+1,5%	4289±334,5 <sup>d</sup>	0,1967±0,007566 <sup>d</sup>	0,9913±0,002

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-3-5-Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur la capacité de rétention d'eau

L'addition de la poudre de graines de lin au lait de chamelle augmente la capacité de rétention d'eau pendant toute la période de stockage mais cette augmentation est statistiquement significative seulement dans les laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis à une concentration supérieure à 1% p/v. (P<0,05). (Tableau N°35)

Selon le tableau N° 35, on remarque aussi que l'augmentation de la température de pasteurisation augmente significativement la capacité de rétention d'eau dans tous les échantillons. (P<0,05)

Après 28 jours de conservation au froid, la capacité de rétention d'eau diminue dans tous les échantillons mais la diminution observée est minime dans les laits fermentés enrichis et pasteurisé à 85°C/30 min (P>0,05).

**Tableau N° 35 : Influence du taux de poudre de graines de lin additionné sur la capacité de rétention d'eau des différents laits fermentés.**

Échantillons temps	WHC des laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min (%)				
	LC	LC+ 0.5%	LC+ 1%	LC+ 1.5%	LC+ 2%
1jour	22,82±0,5 <sup>a</sup>	23,19±0,48 <sup>a</sup>	23,72±0,18 <sup>a</sup>	24,23±0,35 <sup>a</sup>	24,73±0,6 <sup>a</sup>
28 jours	19,86±0,33 <sup>b</sup>	20,62±0,55 <sup>b</sup>	22,29±0,22 <sup>ab</sup>	23,10±0,5 <sup>a</sup>	23,85±0,55 <sup>a</sup>
Échantillons temps	WHC des laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min (%)				
	LC	LC+ 0.5%	LC+ 1%	LC+ 1.5%	LC+ 2%
1 jour	28,37±0,40 <sup>a</sup>	29,16±0,35 <sup>a</sup>	30,14±0,6 <sup>a b</sup>	31,37±0,5 <sup>b</sup>	32,07±0,20 <sup>b</sup>
28 jours	26,81±0,25 <sup>a</sup>	27,47±0,40 <sup>a</sup>	29,33±0,15 <sup>a</sup>	30,81±0,3 <sup>b</sup>	31,50±0,45 <sup>b</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-3-6-Influence de l'addition de poudre de graines de lin sur la synérèse

Après 1 et 14 jours de conservation au froid, tous les échantillons sont exempts de lactosérum. C'est seulement après 28 jours de la conservation au froid qu'une synérèse apparaît dans tous les échantillons. (Tableau N° 36)

D'après le tableau N° 36, l'addition de la poudre de graines de lin à une concentration supérieure à 1% au lait pasteurisé à 63°C/30 diminue significativement le volume du lactosérum exsudé tandis que dans le lait pasteurisé à 85°C/30 min toutes les concentrations testées diminuent significativement la synérèse.

D'après ce tableau, On remarque aussi que

- la diminution de la synérèse est inversement proportionnelle à la concentration de la poudre de lin ajouté.

**Tableau N° 36: Influence du taux de poudre de graines de lin additionnée sur le degré de synérèse**

Échantillons	Degré de synérèse dans les laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min (%)				
	LC	LC+ 0.5%	LC+ 1%	LC+ 1.5%	LC+ 2%
<b>28 jours</b>	2,41±0,05 <sup>a</sup>	2,21±0,04 <sup>a</sup>	1,95±0,08 <sup>ab</sup>	1,83±0,05 <sup>b</sup>	1,62±0,03 <sup>b</sup>
	Degré de synérèse dans les laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min (%)				
	LC	LC+ 0.5%	LC+ 1%	LC+ 1.5%	LC+ 2%
<b>28 jours</b>	1,67±0,03 <sup>c</sup>	1,27±0,02 <sup>d</sup>	1,06±0,07 <sup>d</sup>	0,57±0,02 <sup>e</sup>	0,35±0,05 <sup>e</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-4-Influence de l'addition de la poudre de graines de nigelle

#### II-4-1-Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle supplémenté de poudre de graines de nigelle

L'addition de la poudre de graines de nigelle à différentes concentrations au lait de chamelle n'a aucun effet significatif sur les pH initiaux des laits, le taux de cendres et le taux de protéines. Tandis qu'elle a un effet significative sur le taux d'extrait sec quand la concentration ajoutée est supérieure à 0,2% et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. (P<0.05) (Tableau N° 37).

**Tableau N° 37 : Effet de la supplémentation sur certaines caractéristiques physicochimiques des laits pasteurisés à 63°C /30 min ou à 85°C /30 min.**

Traitement appliqué	Échantillons	Extrait sec %	Protéines %	Cendres %	pH (unite de pH)
<b>LC pasteurisé à 63 °C/30 min</b>	LC	11,90±0.07 <sup>a</sup>	3,85± 0,08 <sup>a</sup>	1±0,003 <sup>a</sup>	6,32±0,03 <sup>a</sup>
	LC+0,1%	12,02±0,02 <sup>a</sup>	3,87 ± 0,05 <sup>a</sup>	1,003± 0.002 <sup>a</sup>	6,36±0,010 <sup>a</sup>
	LC+0,2%	12,11±0,06 <sup>a</sup>	3,88±0,06 <sup>a</sup>	1,008±0.005 <sup>a</sup>	6,36±0,014 <sup>a</sup>
	LC+0,3%	12,20±0.05 <sup>b</sup>	3,91±0,03 <sup>a</sup>	1,012±0.001 <sup>a</sup>	6,35±0,028 <sup>a</sup>
	LC+0,4%	12,34±0.05 <sup>b</sup>	3,93± 0,01 <sup>a</sup>	1,016±0.003 <sup>a</sup>	6,36±0,008 <sup>a</sup>
<b>LC pasteurisé à 85 °C/30 min</b>	LC	11,54±0.08 <sup>a</sup>	3,69±0,02 <sup>a</sup>	0,91±0,006 <sup>a</sup>	6,32±0,028 <sup>a</sup>
	LC+0,1%	11,65±0,05 <sup>a</sup>	3,71 ±0,04 <sup>a</sup>	0,913± 0.003 <sup>a</sup>	6,36±0,014 <sup>a</sup>
	LC+0,2%	11,76±0,06 <sup>a</sup>	3,73±0,06 <sup>a</sup>	0,917±0.006 <sup>a</sup>	6,36±0,007 <sup>a</sup>
	LC+0,3%	11,89±0.14 <sup>b</sup>	3,75±0,08 <sup>a</sup>	0,923±0.007 <sup>a</sup>	6,36±0,014 <sup>a</sup>
	LC+0,4%	11,98±0.13 <sup>b</sup>	3,77± 0,05 <sup>a</sup>	0,925±0.002 <sup>a</sup>	6,35±0,020 <sup>a</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

#### **II-4-2-Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits**

##### **II-4-2-1-Effet de la supplémentation sur la cinétique d'acidification**

Le lait de chamelle supplémenté de poudre de nigelle et pasteurisé soit à 85°C/30 min ou à 63°C /30 min semble plus favorable à la croissance de la culture mixte par rapport au lait témoin. (Figures N° 31 et 32)

En effet l'enrichissement de ces laits accélère significativement la vitesse moyenne d'acidification et réduit le temps nécessaire pour atteindre la vitesse maximum de 1h 30 min par rapport au lait témoin. (P<0,05) (Tableau N° 38)

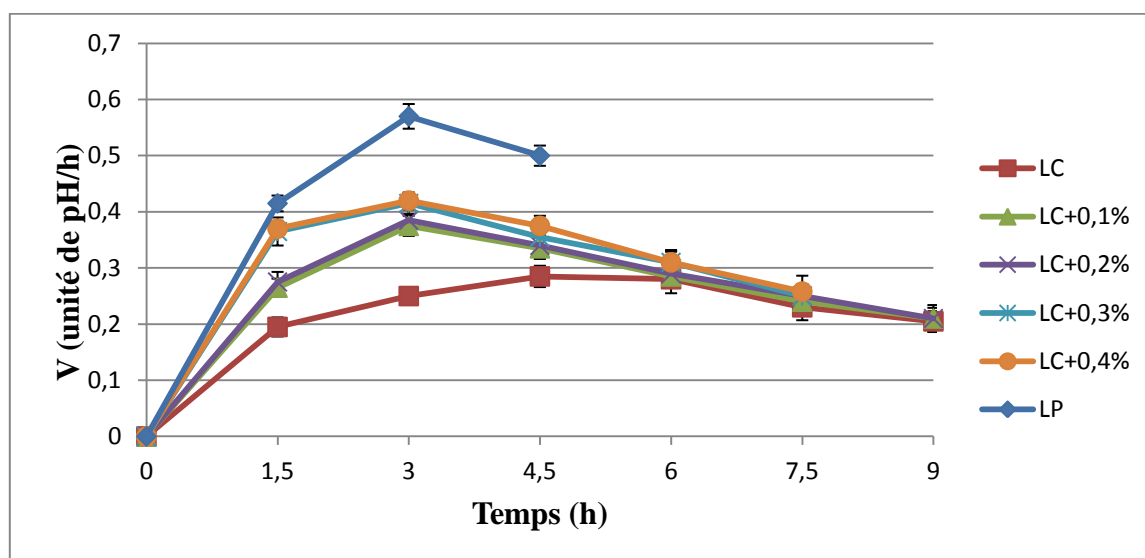
Toute fois durant les trois dernières heures d'incubation, la différence observée devient non significative. (P>0,05)

De ce fait, les laits de chamelle pasteurisés à 85°C /30 min et enrichis avec une concentration supérieure à 0,1% et ceux pasteurisés à 63°C /30 min et enrichis avec une concentration de poudre supérieure à 0,2% atteignent le pH désiré 1 h 30 min avant le lait de chamelle non supplémenté. (Tableau N° 38)

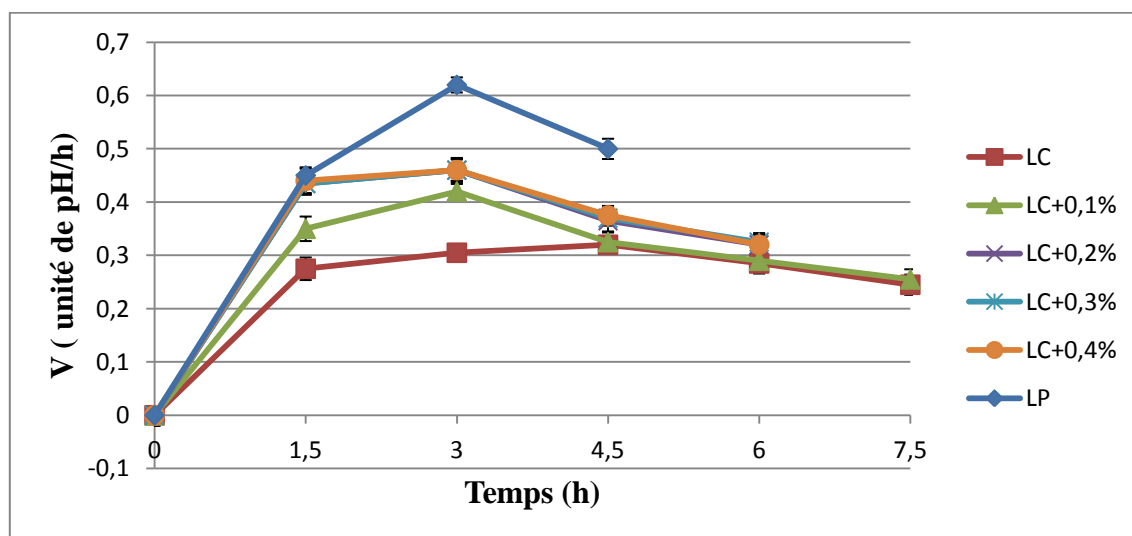
D'après les figures N°31 et 32, la croissance des deux souches de la culture mixte sur les laits de chamelle témoin est lente par rapport à celle observée sur le lait de vache en

poudre reconstitué, tandis qu'au début de la période d'incubation, elle est presque similaire sur les laits de chamelle enrichis avec une concentration de poudre égale ou supérieure à 0,2% et pasteurisés respectivement à 85°C /30 min et à 63°C /30 min.

Par conséquent, le lait en poudre atteint le pH de fin de culture après 4h 30 min d'incubation alors que l'incubation se prolonge de 1h 30 min pour les laits enrichis, de 3h pour le lait témoin pasteurisé à 85°C /30 min et de 4h 30 min pour le lait témoin pasteurisé à 63°C /30 min.



**Figure N° 31 : Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur les laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min.**



**Figure N° 32 : Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur la vitesse moyenne d'acidification de la culture mixte cultivée sur les laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min.**

**Tableau N° 38 : Influence du taux de poudre de graine de nigelle ajouté sur les paramètres de la cinétique d'acidification des différents laits.**

Traitement appliqué	Échantillons	V max (unité de pH/h)	T <sub>v max</sub> (h)	T <sub>f</sub> (h)
<b>LC pasteurisé à 63 °C/30 min</b>	LC	0,28±0,007 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
	LC+0,1%	0,37±0,007 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>
	LC+0,2%	0,38±0,007 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	9 <sup>a</sup>
	LC+0,3%	0,41±0,021 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>
	LC+0,4%	0,42±0,014 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>
<b>LC pasteurisé à 85 °C/30 min</b>	LC	0,32±0,014 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	7,5 <sup>b</sup>
	LC+0,1%	0,42±0,014 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>
	LC+0,2%	0,46±0,028 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>c</sup>
	LC+0,3%	0,46±0,042 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>c</sup>
	LC+0,4%	0,46±0,000 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	6 <sup>c</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

#### **II-4-2-2-Influence du taux de poudre de graines de nigelle ajouté sur l'évolution de l'acidité Dornic au cours de l'incubation**

L'enrichissement du lait de chamelle avec la poudre de graines de nigelle influe significativement sur la production d'acide lactique à partir de 1h 30 min d'incubation et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée.

En effet, l'acidité Dornic acquise des laits supplémentés avec une concentration supérieure à 0,1% et 0,2% et pasteurisés soit à 85 °C/30 min ou à 63 °C /30 min respectivement est toujours supérieure à celle observée dans le lait de chamelle témoin (P<0,05) (Figures N° 33 et 34).

D'après les figures N°33 et 34: durant les premières trois heures d'incubation, l'acidité Dornic évolue de la même manière dans les laits de chamelle enrichis avec une concentration supérieure à 0,2% et le lait de vache en poudre reconstitué (P>0.05), tandis que durant l'une heure et demi suivante de l'incubation, la différence observée est statistiquement significative (P<0.05).

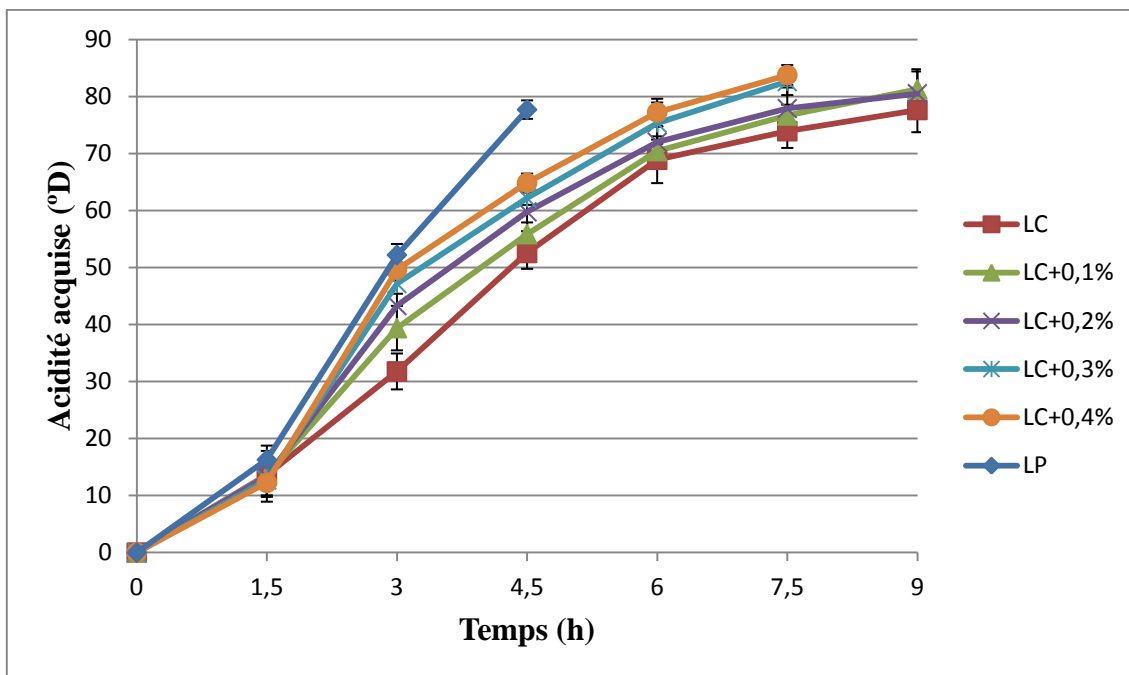


Figure N°33 : Acidité acquise du lait de chamelle témoin et des laits de chamelle supplémentés de poudre de graine de nigelle et pasteurisés à 63 °C au cours de l'incubation.

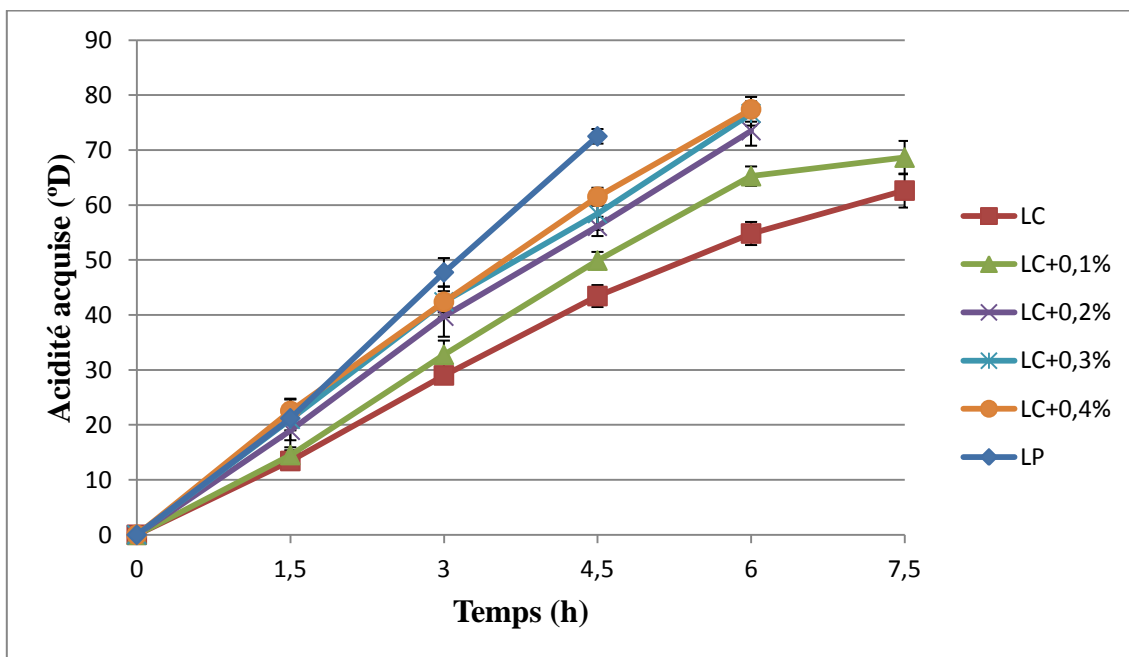


Figure N° 34 : Acidité acquise du lait de chamelle témoin et des laits de chamelle supplémentés de la poudre de graines de nigelle et pasteurisés à 85 °C au cours de l'incubation.

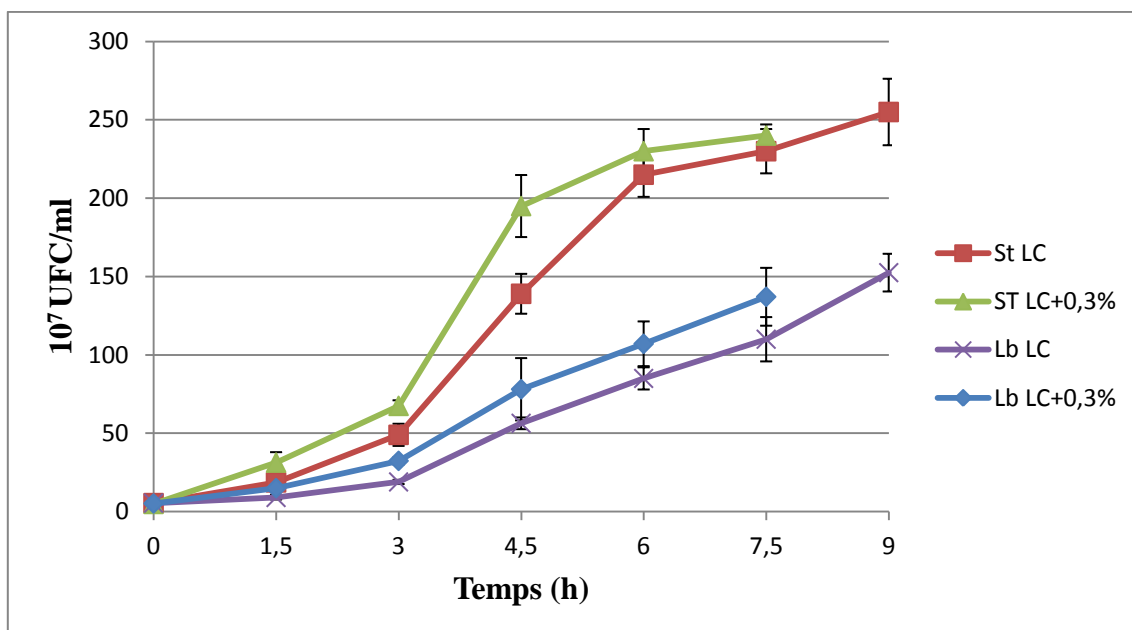
### II-4-2-3-Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur la croissance des deux souches de la culture mixte sur lait de chamelle pasteurisé à différentes températures

Les laits de chamelle pasteurisés à 85°C /30 min ou à 63°C /30 min et enrichis de poudre de graines de nigelle à raison de 0,2 et 0,3% respectivement semble être plus favorable à la croissance des deux souches de la culture mixte par rapport aux laits non enrichis. (P<0.05). (Figures N° 35 et 36)

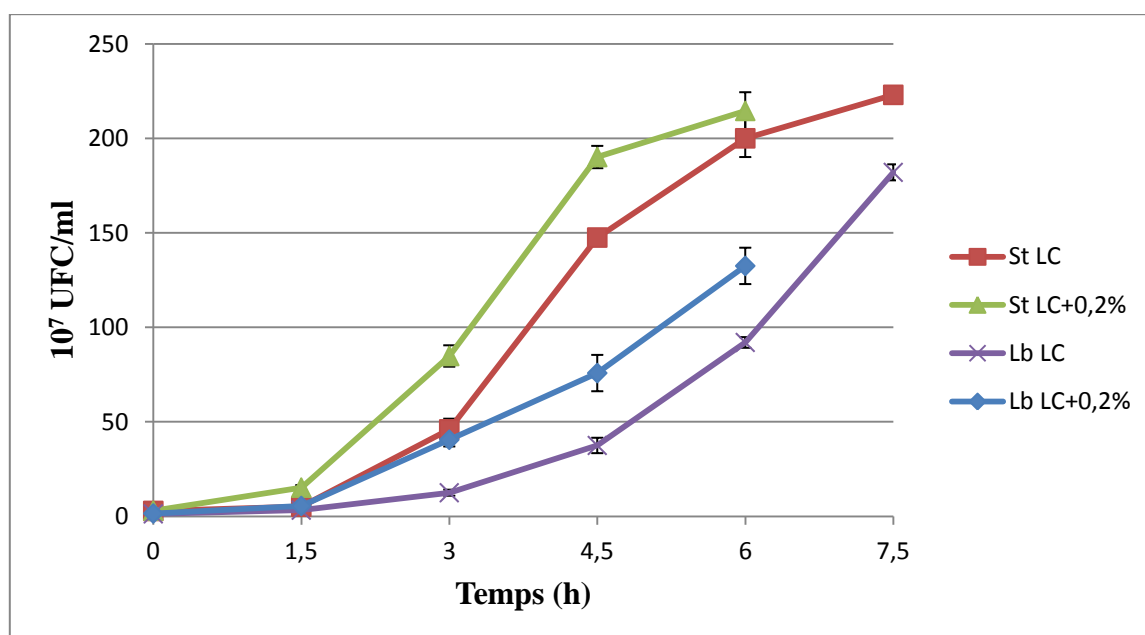
En effet, durant les premières 3 h d'incubation, la charge de *St. thermophilus* et de *Lb.bulgaricus* est double dans ces laits enrichis par comparaison à celle observée dans les laits de chamelle témoins, après cette période la différence observée est moins importante mais elle reste significative jusqu' à 4 h 30 min de fermentation. (P<0.05).

D'après ces figures on remarque aussi que :

- La charge de *St. thermophilus* dans tous les laits de chamelle est significativement plus élevée par rapport à celle de *Lb. bulgaricus* (P<0.05)
- Au pH de fin de culture atteint après 7 h 30 min dans le lait enrichi et pasteurisé à 63°C /30 min ou 6 h dans le lait enrichi et pasteurisé à 85°C /30 min la charge des deux souches de la culture mixte est significativement inférieure par rapport à celle obtenues dans le lait non supplémenté qui requérant 9 h ou 7 h 30 min pour atteindre ce pH et ceci selon la température de pasteurisation (P<0.05).



**Figure N° 35: Influence de l'addition de 0,3% de poudre de graines de nigelle sur la charge de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* cultivées dans lait de chamelle pasteurisé à 63°/30 min.**



**Figure 36: Influence de l'addition de 0,2% de poudre de graines de nigelle sur la charge de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* cultivées dans lait de chamelle pasteurisé à 85°/30 min.**

### II-4-3-Influence du taux de poudre de graines de nigelle ajouté sur la viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés

#### II-4-3-1-Effet de la supplémentation sur l'évolution du pH dans les différents laits fermentés pendant la conservation au froid

Durant toute la période de conservation, tous les laits fermentés ont subi une réduction de pH significative entre le début et la fin de la période de conservation. ( $P < 0.05$ ) (Tableau N° 39).

Durant la première quinzaine de conservation, la post acidification est élevée dans les laits fermentés issus de laits pasteurisés à 85°C /30 min et enrichis avec une concentration de poudre de graines de nigelle supérieure à 0,1 et ceux pasteurisés à 63°C /30 min et enrichis avec une concentration de poudre de graines de nigelle supérieure 0,2% par comparaison à celle observée dans les laits fermentés témoins ( $P < 0.05$ ).

Cependant durant la deuxième quinzaine de conservation, le pH évolue de la même manière dans tous les échantillons et la différence observée entre les laits supplémentés et les laits témoins deviennent non significatifs. ( $P > 0.05$ ) (Tableau N° 39)

Après 28 jours de stockage au froid, la variation du pH observée dans les échantillons issus de laits pasteurisés soit à 85°C/30 min ou à 63°C/30 min se situe entre 0,37-0,42 unité de pH.

**Tableau N° 39: Influence du taux de poudre de graines de nigelle ajouté sur la variation de pH dans les différents laits fermentés pendant la conservation au froid (unité de pH)**

Échantillons Temps	Variation de pH dans les laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min				
	LC	LC+0,1%	LC+0,2%	LC+0,3%	LC+0,4%
1 jour	0,080±0,00 <sup>a</sup>	0,085±0,007 <sup>a</sup>	0,105±0,007 <sup>a</sup>	0,145±0,007 <sup>b</sup>	0,205±0,007 <sup>b</sup>
14 jours	0,265±0,007 <sup>c</sup>	0,280±0,028 <sup>c</sup>	0,255±0,007 <sup>c</sup>	0,365±0,035 <sup>e</sup>	0,370±0,028 <sup>e</sup>
28 jours	0,390±0,00 <sup>d</sup>	0,415±0,007 <sup>d</sup>	0,410±0,042 <sup>d</sup>	0,410±0,028 <sup>d</sup>	0,410±0,042 <sup>d</sup>
Échantillons Temps	Variation de pH dans les laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min				
	LC	LC+0,1%	LC+0,2%	LC+0,3%	LC+0,4%
1 jour	0,095±0,021 <sup>a</sup>	0,085±0,007 <sup>a</sup>	0,13±0,014 <sup>b</sup>	0,135±0,035 <sup>b</sup>	0,14±0,042 <sup>b</sup>
14 jours	0,225±0,070 <sup>c</sup>	0,21±0,00 <sup>c</sup>	0,325±0,021 <sup>d</sup>	0,305±0,035 <sup>d</sup>	0,30±0,014 <sup>d</sup>
28 jours	0,383±0,045 <sup>e</sup>	0,373±0,046 <sup>e</sup>	0,413±0,015 <sup>e</sup>	0,383±0,011 <sup>e</sup>	0,390±0,017 <sup>e</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-4-3-2-Effet de la supplémentation sur l'évolution de l'acidité Dornic dans les différents laits fermentés au cours de la conservation au froid

Les acidités développées dans les différents laits fermentés augmentent de façon significative entre le début et la fin de la période de conservation. (P <0.05)

La comparaison de l'acidité développée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés soit à 85°C /30 min ou à 63°C /30 min et enrichis avec une concentration de poudre de graines de nigelle supérieure à 0,1% et 0,3% respectivement montrent des résultats significatives pendant les 15 premiers jours de conservation. (P<0,05)

Toute fois, à la fin de cette période, la différence observée devient non significative. (Tableau N°40)

Cette évolution d'acidité Dornic va de paire avec les variations de pH enregistrées. (Tableau N° 39)

**Tableau N° 40 : Influence du taux de poudre de graines de nigelle ajouté sur l'acidité acquise des laits fermentés au cours de la conservation au froid.**

Échantillons	Acidité acquise des laits de chamelle pasteurisés à 63 °C/30 min (°D)				
	LC	LC+0,1%	LC+0,2%	LC+0,3%	LC+0,4%
<b>1 jour</b>	5,15±0,60 <sup>a</sup>	4,68±1,67 <sup>a</sup>	4,06±1,50 <sup>a</sup>	8,32±2,05 <sup>b</sup>	10,59±3,38 <sup>b</sup>
<b>14 jours</b>	12,36±1,92 <sup>c</sup>	14,55±5,58 <sup>c</sup>	12,75±2,47 <sup>c</sup>	17,78±1,61 <sup>d</sup>	19,24±0,33 <sup>d</sup>
<b>28 jours</b>	22,61±2,67 <sup>e</sup>	19,50±0,70 <sup>e</sup>	19,00±4,24 <sup>e</sup>	19,64±1,61 <sup>e</sup>	22,49±4,93 <sup>e</sup>
Échantillons	Acidité acquise des laits de chamelle pasteurisés à 85 °C/30 min (°D)				
	LC	LC+0,1%	LC+0,2%	LC+0,3%	LC+0,4%
<b>1 jour</b>	5,37±0,18 <sup>a</sup>	4,25±0,35 <sup>a</sup>	15,25±1,76 <sup>c</sup>	15,71±1,91 <sup>c</sup>	15,90±0,86 <sup>c</sup>
<b>14 jours</b>	15,38±1,59 <sup>c</sup>	12,50±2,12 <sup>c</sup>	20,75±4,59 <sup>e</sup>	20,11±1,26 <sup>e</sup>	20,84±1,18 <sup>e</sup>
<b>28 jours</b>	22,38±1,59 <sup>b</sup>	23,88±2,65 <sup>b</sup>	25,75±1,76 <sup>b</sup>	24,11±1,56 <sup>b</sup>	25,84±1,18 <sup>b</sup>

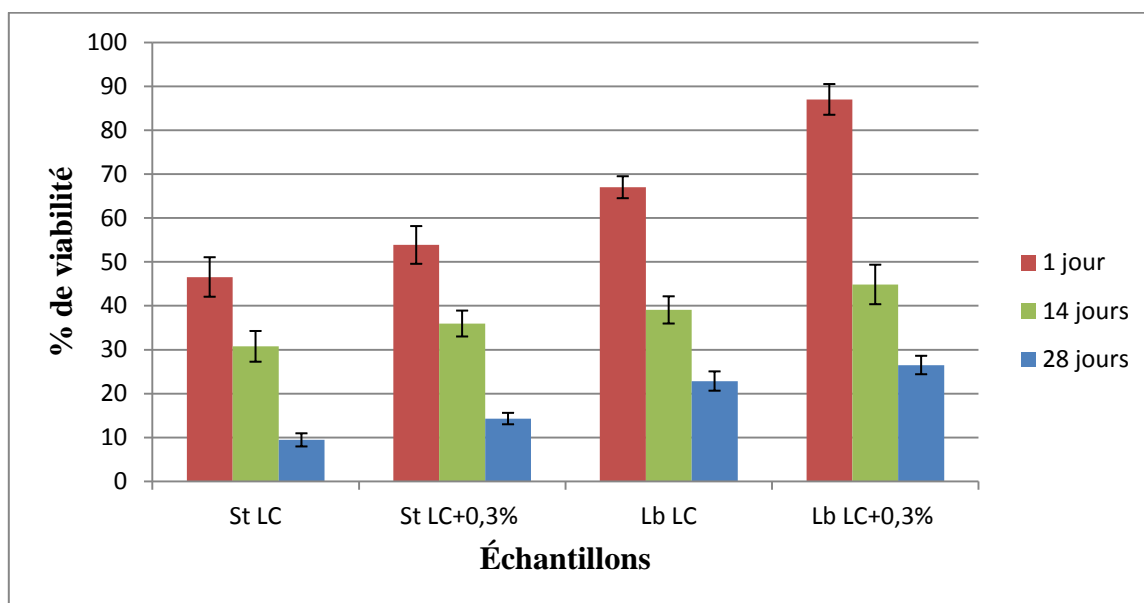
Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

### II-4-3-3-Effet de la supplémentation sur l'évolution de la charge microbienne pendant la conservation au froid

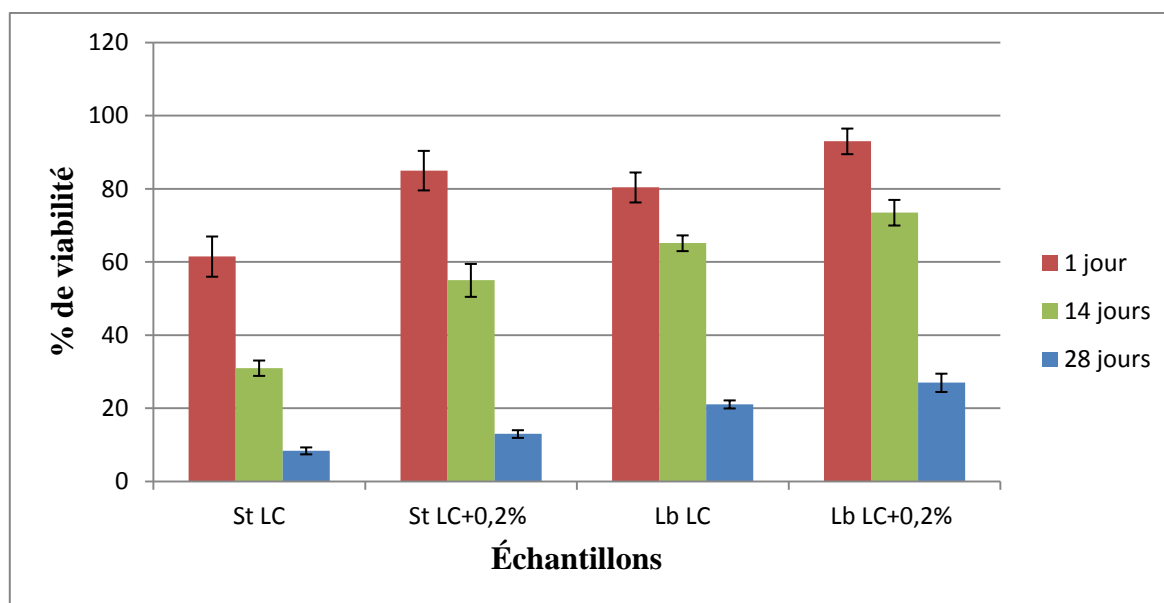
Durant toute la période de conservation au froid, on observe une diminution progressive et significative de la charge de *Lb. bulgaricus* et *St. thermophilus* dans tous les échantillons. (P <0,05)

Toutefois, la viabilité de *Lb. bulgaricus* est significativement plus élevée par rapport à celle de *St. thermophilus* ( $P < 0,05$ ) (Figure N° 37 et 38).

D'après ces figures, on remarque aussi que la viabilité des deux souches de la culture mixte est significativement meilleure dans les laits enrichis par rapport à celle observée dans les laits témoins. ( $P < 0,05$ )



**Figure N° 37 : % de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de nigelle.**



**Figure N° 38: % de viabilité des deux souches de la culture mixte dans les différents laits fermentés issus de laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre de graines de nigelle.**

À la fin de la période de conservation au froid, on aboutit à des laits fermentés ayant un pH de 4,15 unité de pH, une acidité Dornic supérieure à 80°D et une charge finale de *Lb bulgaricus* et *St. thermophilus* supérieure à 10<sup>7</sup>. (Tableau N° 41)

**Tableau 41: Caractéristiques des laits fermentés enrichis avec la poudre de graines de nigelle après 28 jours de conservation au froid.**

Traitement thermique	Échantillons	pH final (Unité de pH)	Acidité Dornic (°D)	La charge microbienne UFC(10 <sup>7</sup> )
LC pasteurisé á 63°C/30 min	LC	4,01±0,014	122,8±3,88	Lb:34,84±1,3 St : 24,0±,4,02
	LC+0,3%	4,00±0,007	124,8±2,47	Lb:36,33±5,00 St: 33,67±1,90
LC pasteurisé á 85°C/30 min	LC	4,04±0,04	112±0,70	Lb: 38,40± 5,01 St: 18,73± 2,80
	LC+0,2%	4,01±0,02	124,8±3,18	Lb: 35,77±0,77 St: 27,88± 4,00

#### II-4-4- Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur la qualité rhéologique des gels acides obtenus

D'après les figures N° 39 et 40, le lait fermenté supplémenté semble légèrement plus visqueux que le lait fermenté témoin et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. En effet, par comparaison au lait de chamelle témoin l'addition de la poudre de graines de nigelle augmente significativement l'indice de consistance. Ces résultats sont confirmés par les valeurs de l'indice de fluidité qui sont significativement inférieures dans les laits additionnés. (P <0,05) (Tableau N°42)

**Tableau N° 42 : Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur les paramètres rhéologiques des laits fermentés.**

Traitement thermique	Échantillons	K	N	R
LC pasteurisé á 63°C/30 min	LC	114,7±12,80 <sup>a</sup>	0,6935±0,01846 <sup>a</sup>	0,8548±0,008
	LC+0,3%	154,1±8,202 <sup>b</sup>	0,5887±0,1231 <sup>b</sup>	0,9635±0,047
LC pasteurisé á 85°C/30 min	LC	1028±24,04 <sup>c</sup>	0,3817±0,0514 <sup>c</sup>	0,9440±0,008
	LC+0,2%	1469±103,90 <sup>d</sup>	0,3073±0,0050 <sup>d</sup>	0,9267±0,01336

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

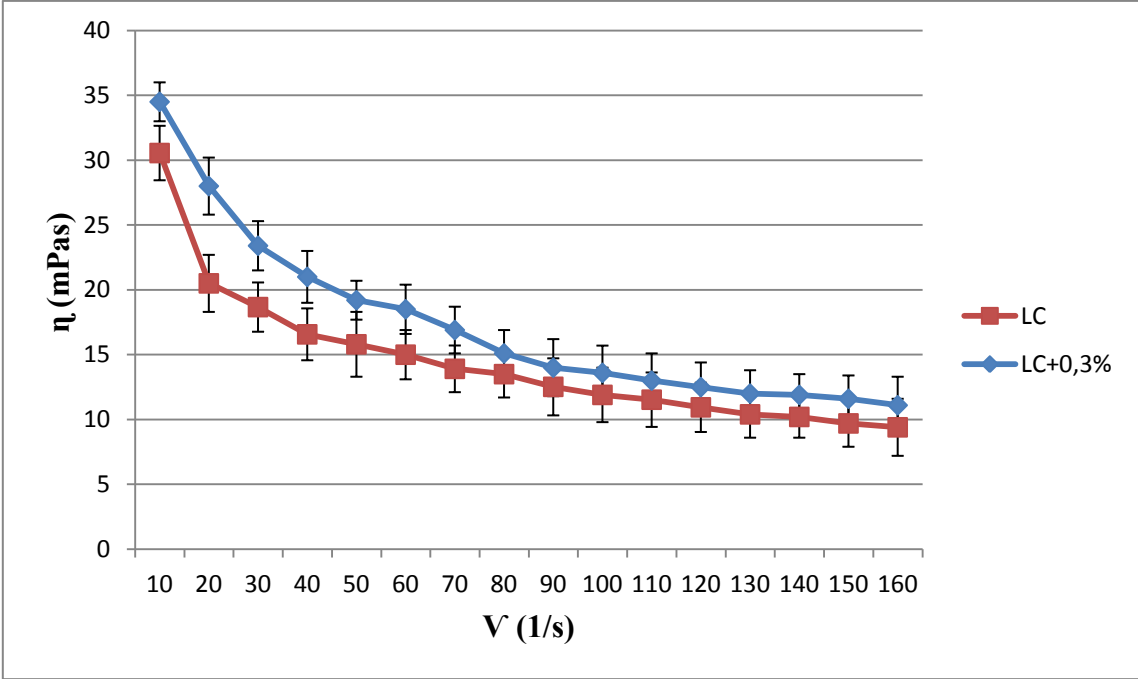


Figure N° 39: Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min et enrichis avec la poudre des graines de nigelle.

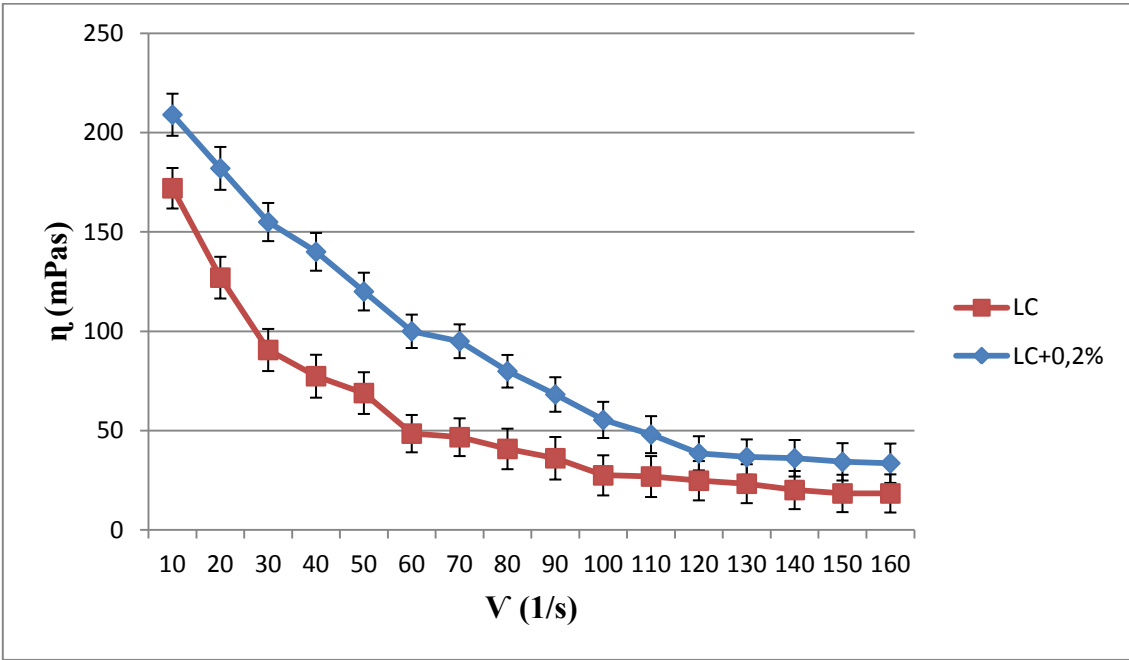


Figure N° 40: Viscosité apparente en fonction de la vitesse de cisaillement des laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min et enrichis avec la poudre des graines de nigelle

#### II-4-5-Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur la capacité de rétention d'eau.

Après un jour de conservation au froid, les laits fermentés enrichis issus des laits pasteurisés soit à 85°C/30 min ou à 63°C/30 min ont une capacité de rétention d'eau supérieure à celle observée dans les laits fermentés témoins mais la différence observée n'est pas significative. (P>0,05)

Cependant après 28 jours de stockage, cette capacité de rétention d'eau diminue dans tous les échantillons mais la diminution observée est moins importante dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min par comparaison aux laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min. (P <0,05) (Tableau N° 43)

Selon le tableau N°43, on remarque aussi que l'augmentation de la température de pasteurisation augmente significativement la capacité de rétention d'eau dans tous les échantillons. (P <0,05)

**Tableau N° 43 : Influence du taux de poudre de graines de nigelle additionné sur la capacité de rétention d'eau des différents laits fermentés.**

Échantillons	WHC des laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min (%)				
	LC	LC+0,1%	LC+0,2%	LC+0,3%	LC+0,4%
<b>1 jour</b>	20,33±0,05 <sup>a</sup>	20,42±0,03 <sup>a</sup>	20,49±0,06 <sup>a</sup>	20,61±0,03 <sup>a</sup>	20,71±0,02 <sup>a</sup>
<b>28 jours</b>	16,90±0,01 <sup>b</sup>	17,23±0,04 <sup>b</sup>	17,37±0,07 <sup>b</sup>	17,56±0,08 <sup>b</sup>	17,64±0,03 <sup>b</sup>
Échantillons	WHC des laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min (%)				
	LC	LC+0,1%	LC+0,2%	LC+0,3%	LC+0,4%
<b>1 jour</b>	26,48±0,08 <sup>c</sup>	26,62±0,05 <sup>c</sup>	26,70±0,04 <sup>c</sup>	26,92±0,05 <sup>c</sup>	26,95±0,09 <sup>c</sup>
<b>28 jours</b>	24,87±0,72 <sup>c</sup>	25,11±0,07 <sup>c</sup>	25,83±0,03 <sup>c</sup>	26,27±0,06 <sup>c</sup>	26,50±0,02 <sup>c</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.

#### II-4-6-Influence de l'addition de poudre de graines de nigelle sur la synérèse

Après 1 et 14 jours de conservation au froid, tous les échantillons sont exempts de lactosérum. C'est seulement après 28 jours de la conservation au froid qu'une synérèse apparaît dans tous les échantillons, cependant la synérèse est moins importante dans les laits fermentés enrichis. (Tableau N° 44)

En effet, par comparaison au lait fermenté témoin, l'addition respectivement d'une concentration de poudre de graines de nigelle égale ou supérieure à 0,2% aux laits pasteurisés

à 85°C /30 min ou à 63°C /30 min diminue significativement la synérèse. (P<0,05) (Tableau N° 44)

**Tableau N° 44 : Influence du taux de poudre de graines de nigelle additionné sur le degré de synérèse**

Échantillons	Degré de synérèse dans les laits de chamelle pasteurisés à 63°C/30 min (%)				
	LC	LC+0,1%	LC+0,2%	LC+0,3%	LC+0,4%
Temps 28 jours	3,25±0,06 <sup>a</sup>	2,95±0,09 <sup>a</sup>	2,55±0,06 <sup>a</sup>	2,31±0,04 <sup>b</sup>	2,07±0,06 <sup>b</sup>
	Degré de synérèse dans les laits de chamelle pasteurisés à 85°C/30 min (%)				
	LC	LC+0,1%	LC+0,2%	LC+0,3%	LC+0,4%
28 jour	1,9±0,05 <sup>c</sup>	1,55±0,05 <sup>c</sup>	1,09±0,03 <sup>d</sup>	0,95±0,02 <sup>d</sup>	0,75±0,05 <sup>d</sup>

Les valeurs affectées de lettres différentes présentent des différences significatives.



# Discussion

## Discussion

### ➤ **Analyses physico-chimiques du lait de chamelle**

La composition physico-chimique du lait de chamelle collecté au cours de cette étude se rapproche de celle rapportée par des travaux menés sur le lait camelin en Algérie. (Tableau N°6).

En effet, les valeurs du pH, de l'acidité Dornic, de la densité et la teneur en matière sèche totale, en lactose, en protéines et en cendres se rapprochent de celles rapportées par Siboukeur (2007) et Boudjenah-Haroun (2012) alors que la teneur moyenne en matière grasse semble être supérieure.

De nombreux auteurs dans d'autres pays rapportent des valeurs inférieures, comme l'acidité Dornic rapportée par Abu-Lehia (1994) et Kamoun (1994), la matière sèche rapportée par Attia *et al.*, (2001), Hattem *et al.*, (2011) et Mortada *et al.*, (2013), les protéines rapportées par Mortada *et al.*, (2013), Attia *et al.*, (2001) et Eshraga *et al.*, (2011) et les cendres rapportés par Eshraga *et al.*, (2011) et Hattem *et al.*, (2011).

Bekele *et al.*, (2002) et Omar *et al.*, (2009) stipulent que les fluctuations observées dans les paramètres cités sont liées à divers facteurs notamment le stade de lactation, l'alimentation et la race.

### ➤ **Influence des paramètres technologiques sur la croissance des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits**

D'après les figures N° 1 et 2, la croissance de *St. thermophilus* et de *Lb.bulgaricus* est lente sur le lait de chamelle pasteurisé à 63°C pendant 30 min par rapport à celle observée sur le lait pasteurisé à 85°C pendant 30 min. Ceci est probablement dû d'une part à la présence d'un système antimicrobien thermorésistant constitué de lysozyme et de lactoferrine. En effet, plusieurs travaux révèlent que la pasteurisation de ce lait à 63°/30 min n'entraîne aucune inhibition de l'activité de ces protéines sériques, tandis que l'augmentation de la température du traitement à 85°C pendant 10 min inhibe 56% du lysozyme et 65,5 % de la lactoferrine ce qui peut accélérer le processus de fermentation. (Farah *et al.*, 1996 et El-Agamy *et al.*, 2000)

D'autre part, l'accélération de la vitesse d'acidification des deux souches de la culture mixte et l'augmentation de la production d'acide lactique sur le lait pasteurisé à 85°C pendant 30 min est dû probablement à la production de facteurs de croissance comme l'acide formique

et la réduction du taux d'oxygène dissout au cours de la pasteurisation (Loones, 1994, Lucey et *al.*, 2004 et Lee et *al.*, 2010).

D'après les mêmes figures, la croissance de ces souches est lente sur le lait de chamelle par rapport à celle observée sur le lait de vache en poudre pasteurisé à la même température et ensemencé avec le même taux. Ce résultat est similaire à celui d'Abu-Tarboush et *al.*, (1996), Attia et *al.*, (2001) et Shori et Baba Ahmad (2013).

Ces auteurs suggèrent que l'aptitude faible du lait camelin à l'acidification est probablement due à la présence d'une concentration élevée en protéines sériques.

En effet, selon une étude comparative avec le lait de vache, le lait camelin contient 2 fois plus de lactoferrine, 4 fois plus d'immunoglobuline et 5 fois plus de lysozyme (El-Agamy et *al.*, 2000).

En plus du traitement thermique, le taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte a influencé également la cinétique d'acidification et la production d'acide lactique dans les différents laits.

En effet, l'augmentation du taux d'ensemencement de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* de 1,5 à 3% ou à 5% a accéléré significativement la vitesse moyenne d'acidification et la production d'acide lactique pendant les premières heures de la fermentation et par conséquent le temps de fermentation a été réduit de 1 heure 30 min (figures N°1, 2 et tableau N° 7). Ces résultats sont comparables à ceux signalés par plusieurs auteurs notamment Walstra et *al.*, (1999), Lee et Lucey (2004), Castillo et *al.*, (2006) et Supavititpatana (2011). Ces auteurs révèlent aussi que l'augmentation du taux d'ensemencement de la culture mixte du yaourt de 0,5 % à 3 % sur le lait de vache diminue le temps d'incubation nécessaire pour atteindre le pH 4,6 et augmente remarquablement la production d'acide pendant les premières quatre heures de la fermentation, après cela la production d'acide lactique est ralentie.

Toutefois, les résultats de l'augmentation du taux d'ensemencement de 3% à 5% sur les différents laits (Tableau N° 7) sont contradictoires à ceux trouvée par Castillo et *al.*, (2006) et Ammara et Imran (2010) mais ils sont similaires a ceux rapportés par Lee et *al.*, (2004), ces auteurs déclarent que l'augmentation du taux d'ensemencement de 3 à 4% n'a aucun effet significatif sur le temps de coagulation.

L'augmentation de la température d'incubation de 37°C à 43 °C a accéléré également la vitesse d'acidification de ces souches et la production d'acide lactique pendant les premières heures de la fermentation et par conséquent le temps de fermentation a été réduit de 1 heure 30 min (Figures N° 6 et 7, tableaux N° 13)

Ces résultats sont similaires à ceux de Lucey (2002), Guler-Akin et Akin (2007), Shafiee et *al.*, (2010) et Boubchir-Ladj (2000). Ces auteurs suggèrent que la culture mixte est moins active à une température inférieure à 40°C de ce fait l'utilisation d'une température d'incubation élevée pendant la production du yaourt à base du lait de vache (44°C au lieu 37°C) augmente la production d'acide lactique et réduit le temps de coagulation de 1heure.

### ➤ **Influence des paramètres technologiques sur la viabilité des deux souches de la culture mixte.**

D'après les tableaux 8, 9, 14, 15, 23, 24, 31, 32, 39 et 40 tous les laits fermentés ont subi une réduction du pH et une augmentation de l'acidité Dornic significative entre le début et la fin de la période de conservation. Ceci est probablement dû à la croissance des deux souches inoculées au cours de cette période.

En effet, Dave et *al.*, (1997), Beal et *al.*, (1999), Lucas et *al.*, (2004), Kailasapathy (2006) et McCann et *al.*, (2011) stipulent que les bactéries lactiques inoculées sont actives à la température de réfrigération et continuent à croître et à produire de l'acide lactique par la fermentation du lactose ce qui résulte en une diminution du pH et une augmentation de l'acidité Dornic. Cependant quand un faible pH est atteint, leur croissance est inhibée et la post acidification est ralentie de manière significative.

Durant la première quinzaine de conservation au froid, la post acidification (variation du pH et l'acidité acquise) est significativement élevée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85 °C pendant 30 min par rapport à celle observée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63 °C pendant 30 min.(Tableau N°8 et 9)

Ceci est probablement dû à la présence d'une concentration élevée en inhibiteurs dans ces derniers laits ce qui retarde la croissance des souches et de ce fait la post acidification observée est moins importante.

Également, l'augmentation du taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte et l'augmentation de la température d'incubation de 37°C à 43°C augmente la post

acidification durant toute la période de conservation au froid et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. (Tableaux N°14 et 15) Ces résultats sont similaires à ceux de Cais-Sokolinska et *al.*, (2004) et Guler-Akin et *al.*, (2007).

Au cours de la conservation au froid, les charges de *Lb. bulgaricus* et *St. thermophilus* ont tendance à diminuer progressivement dans tous les échantillons. Selon plusieurs auteurs notamment Passephol et *al.*, (2009), Farahat et *al.*, (2013) et Shori et *al.*, (2012) ceci est peut être dû à la sensibilité de ces bactéries à l'acide développé pendant cette période de stockage.

D'après les figures N° 3 et 4, pendant toute la période de conservation au froid la viabilité de *Lb. bulgaricus* est significativement plus élevée par rapport à celle de *St. thermophilus*. Ceci est probablement dû au caractéristique de cette souche. En effet, selon Wasinee et *al.*, (2009), Hussain et *al.*, (2009) et Dincel (2012), *Lb. bulgaricus* peut tolérer un pH bas mieux que *St. thermophilus* et continue à croître jusqu'au pH 4,00.

D'après ces mêmes figures, la viabilité de *St. thermophilus* et de *Lb. bulgaricus* est significativement plus faible dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C pendant 30 min par rapport à celle observée dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C pendant 30 min. Ceci est probablement dû à la présence de facteurs de croissance comme l'acide formique (Loones, 1994, Lucey et *al.*, 2004 et Lee et *al.*, 2010) et une concentration plus faible d'inhibiteurs dans ce dernier lait. (Farah et *al.*, 1996 et El-Agamy et *al.*, 2000)

L'augmentation du taux d'ensemencement augmente la viabilité des deux souches de la culture mixte au cours de la conservation au froid, toutefois la différence observée n'est pas significative. (Figures N°3 et 4). Ce résultat peut être expliqué par la différence des charges initiales et la loi de survivance.

L'incubation des laits à 37°C augmente significativement la viabilité de *St. thermophilus* par rapport à celle de *Lb. bulgaricus* contrairement aux laits incubés à 43°C où la viabilité de *Lb. bulgaricus* est plus élevée à celle de *St. thermophilus*. (Figures N°8 et 9)

Ces deux résultats peuvent être expliqués également par la loi de survivance, en effet Tamime et Robinson (1999), Clark et Plotka (2004) et Monnet et *al.*, (2008) rapportent que la température optimale de croissance des streptocoques se situe entre 37 à 42°C alors que celle des lactobacilles se situe entre 40 à 45°C respectivement. De ce fait, l'incubation des laits à 37°C favoriserait la croissance des streptocoques ainsi à la fin de l'incubation sa charge finale

est élevée et sa viabilité au cours de la conservation au froid est meilleure par rapport à celle de *Lb. bulgaricus*.

➤ **Influence des paramètres technologiques sur la qualité rhéologique et physiques des gels acides obtenus.**

D'après les figures N°5, 10, 19, 20, 29, 30, 39 et 40 la viscosité apparente de tous les échantillons diminue en fonction de l'augmentation de la vitesse de cisaillement. Cela est typique des gels laitiers acides de type yogourt. Plusieurs auteurs comme Barnes et *al.*, (1993), De Lorenzi et *al.*, (1995), Duboc et Mollet, (2001) et Patoka et *al.*, (2006) appellent ce comportement rhéologique rhéofluidifiant .

L'augmentation de la température de pasteurisation de 63°C/30 min à 85°C/30 min semble améliorer la viscosité apparente du lait fermenté et augmente significativement l'indice de consistance. (Figure N° 5)

Ce résultat est semblable à celui observé par Desouky et *al.*, (2013), ces auteurs révèlent que l'augmentation de la température du traitement thermique de 63 à 85°C augmente la viscosité apparente du Labneh à base de lait de chamelle.

Cayot et *al.*, (2003) et Lee et Lucey (2006) rapportent aussi que l'augmentation de la température du traitement thermique de 63 à 90°C augmente l'indice de consistance et la viscosité apparente du yaourt brassé au lait de vache.

Lucey et *al.*, (1999) et Vasbinder et *al.*, (2003) stipulent que cette amélioration est due probablement à l'adhésion des protéines solubles du lactosérum dénaturées aux micelles de caséines, ces auteurs révèlent que l'association de l' $\alpha$ -lactalbumine aux surfaces des micelles de caséine K améliore la capacité d'hydratation de ces micelles ainsi que les propriétés rhéologique du gel acide.

Récemment, Felfoul (2015) rapporte qu'au cours du traitement thermique, l' $\alpha$ -lactalbumine et la sérum albumine du lait de chamelle ont une capacité importante à adhérer à la caséine par comparaison à la  $\beta$  lactoglobuline du lait de vache.

Selon les tableaux N° 11, 17, 27, 35 et 43, on remarque aussi que l'augmentation de la température de pasteurisation augmente la capacité de rétention d'eau dans tous les échantillons.

Selon Parnell-Clunies *et al.*, (1986) et Jovanović *et al.*, (2005) ceci est dû d'une part à l'augmentation de l'hydratation de la micelle de caséine et d'autre part à l'augmentation de la teneur en protéines de lactosérum dénaturées et leur incorporation aux caséines ce qui augmente la capacité d'hydratation du réseau.

Sodini *et al.*, (2005) et Lee et Lucey (2004) ont rapporté que dans les yogourts, l'augmentation de la taille des micelles de caséines et l'augmentation des interactions caséine-protéines de lactosérum dénaturées et caséine-caséine conduit à la formation d'un gel plus poreux, qui pourrait retenir plus d'eau.

Après 28 jours de conservation au froid, la capacité de rétention d'eau diminue et la synérèse augmente dans tous les échantillons. (Tableaux N° 11, 12, 17, 18, 27, 28, 35, 36, 43 et 44)

Des résultats similaires concernant les yaourts au lait de vache ont été rapportés par Amirdivani et Hj Baba (2013).

Selon Lucey (2001) et Donkor *et al.*, (2007), la diminution de la capacité de rétention d'eau et la synérèse observée pendant le stockage sont dues d'une part à l'instabilité du réseau des gels acides obtenus, dans lequel la faible liaison colloïdale des micelles protéiques ne peut pas piéger l'eau dans son réseau tridimensionnel.

D'autre part, pendant le stockage un faible pH est atteint ainsi l'hydratation des protéines diminue et une contraction du gel survient, de ce fait il ya une exsudation du lactosérum.

Cependant la diminution de la capacité de rétention d'eau et la synérèse observées sont moins importantes dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 85°C/30 min par comparaison à celles observées dans les laits fermentés issus des laits pasteurisés à 63°C/30 min etensemencés avec les mêmes taux. (Tableaux N° 11, 12)

Ces résultats concordent avec ceux de Lee et Lucey (2004) qui stipulent que quand un lait est pasteurisé à une température supérieure à 80°C, le réseau de caséine et de protéines de lactosérum dénaturées est formé par des liaisons plus fortes, ce qui réduit la probabilité de réarrangements des caséines.

L'augmentation du taux d'ensemencement des deux souches de la culture mixte améliore également la viscosité apparente des gels et augmente légèrement l'indice de

consistance, la capacité de rétention d'eau et réduit l'indice de fluidité et le volume de lactosérum exsudé. (Figure N° 5 et tableaux N° 10, 11, 12)

Ces résultats concordent avec ceux de Lee et Lucey (2004) et Castillo *et al.*, (2006). Ces auteurs stipulent qu'un taux d'ensemencement faible induit la formation d'un gel fragile ce qui augmente la probabilité de réarrangements des caséines et l'exsudation du lactosérum.

Lee et Lucey (2004) révèlent que la microstructure du gel du yaourt fabriqué avec un taux d'inoculation faible présentait des pores grands, alors que le gel du yaourt fabriqué avec un taux d'inoculation plus élevé présentait un réseau protéique plus réticulé et uniformément réparti.

L'augmentation de la température d'incubation de 37°C à 43°C semble améliorer également la viscosité apparente des laits fermentés, augmenter significativement l'indice de consistance et réduire significativement l'indice de fluidité et ceci quelque soit la température de pasteurisation utilisée. (Figure N° 10 et tableaux N°16, 17, 18)

Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Abbasi *et al.*, (2009) et Haque *et al.*, (2001). Ces auteurs suggèrent que l'augmentation de la température d'incubation de 37°C à 43°C augmente les interactions hydrophobes ce qui conduit à la formation d'une conformation plus compacte et à des particules de caséines plus contractées.

D'autres auteurs rapportent des résultats contradictoires. En effet, Lee et Lucey (2003) et Lee et Lucey (2004) stipulent que l'incubation à basse température induit la formation d'un réseau protéique fortement réticulé et ramifié ayant de petits pores, de ce fait le gel est plus ferme.

Walstra (1998) rapporte que pendant l'incubation à basse température, la voluminosité des particules de caséine augmente, ce qui entraîne une augmentation de la surface des jonctions entre les particules de caséine agrégées ceci pourrait contribuer à l'augmentation de la rigidité des gels obtenus.

D'après le tableau N°18, l'augmentation de la température d'incubation de 37°C à 43°C min n'a aucun effet significatif sur la synérèse observée. Ce résultat est similaire à celui rapporté par Abbasi *et al.*, (2009), toutefois il est contradictoire à celui rapporté par Lee et Lucey (2004). Ces auteurs révèlent que des réarrangements excessifs des caséines surviennent

dans les laits fermentés fabriqués à une température élevée de ce fait le volume du lactosérum exsudé est plus important.

➤ **Influence de l'addition des substances végétales**

➤ **Analyses chimiques des substances végétales**

La composition chimique des substances végétales utilisées se situent dans la fourchette des travaux menés à travers le monde. En effet les teneurs en protéines et en cendre de la poudre de graines de lin et de nigelle se rapprochent de celles rapportées par Oomah (2003), Salem (2005) et Al-Naqeep *et al.*, (2009) respectivement. (Tableau N°19)

La teneur en protéines de la poudre de gingembre est légèrement supérieure à celle rapportée par Latona *et al.*, (2012) et Bhat *et al.*, (2010) , tandis que la teneur en cendre leur est similaire.

➤ **Analyses physico-chimiques des laits de chamelle supplémentés**

L'augmentation significative de la teneur en protéines dans les laits de chamelle supplémentés avec une concentration supérieure à 0,25 % de poudre de gingembre et de poudre de graines de lin à différentes concentrations est probablement due à la richesse de ces substances en cet élément. (Oomah, 2003 et Latona *et al.*, 2012). (Tableaux N°20 et 29)

L'addition de la poudre de graines de nigelle à différentes concentrations au lait de chamelle n'a aucun effet significatif sur les caractéristiques physico-chimiques étudiées, cela est probablement dû à la faible concentration de la poudre ajoutée. (Tableau N°37).

➤ **Évaluation de l'activité protéolytique de l'enzyme Zingibaine sur le lait de chamelle pasteurisé à 63°C /30 min et à 85 °C /30 min.**

D'après le tableau N° 21, l'enzyme Zingibaine est active durant le traitement thermique et elle libère de l'ANP.

Ce résultat est semblable à celui trouvé par Ko (1989), cet auteur a révélé que l'addition d'une protéase microbienne ou de la papaine au lait de soja augmente considérablement le taux d'ANP.

D'après ce même tableau, on remarque aussi que le taux d'ANP libéré est significativement plus élevé dans les laits de chamelle enrichis et pasteurisés à 63°C /30 min

par rapport à celui observé dans les laits pasteurisés à 85°C /30 min et additionnés avec les mêmes concentrations.

Ce résultat est probablement en relation avec l'activité de l'enzyme zingibene car elle atteint son maximum à 60 °C, au-delà cette activité commence à diminuer jusqu'à l'inactivation complète à 70°C. (Hachim et *al.*, 2011, NAfi et *al.*, 2013 et NAfi et *al.*, 2014).

➤ **Influence de l'addition des substances végétales sur la croissance et la viabilité des deux souches de la culture mixte cultivées sur les différents laits.**

L'addition de la poudre de gingembre, de graines de lin et de graines de nigelle à différentes concentrations a amélioré la croissance des souches inoculées et par conséquent le temps de fermentation a été réduit de 20 à 50%. (Tableaux N° 22, 30 et 38)

Ceci est probablement dû d'une part à la richesse de ces substances en protéines, en vitamines, en minéraux et en glucides et à la capacité des souches inoculées à utiliser ces composants favorisant leurs croissances (Rajiv et *al.*, 1997 et Trachoo, 2002) comme le feraient d'autres bactéries (*L. helveticus* ou *B. subtilis*) sur lait additionnée de graine de lin (Pihlanto et *al.*, 2012).

En effet, selon Latona et *al.*, (2012), la poudre de gingembre constitue une bonne source de protéines et de minéraux.

Chung et *al.*, (2005) , Morris (2007) et Czemplik et *al.*, (2011) rapportent que les graines de lin sont riches en acides aminés tels que l'acide glutamique, la leucine, la phénylalanine, la valine et l'isoleucine et en vitamines tels que la vitamine B1, B2, B3, B5 et vitamine C.

Al-Jassir (1992) et Al-Awadi (1998), Salem (2005) et Al-Naqeep et *al.*, (2009) rapportent que les graines de nigelle sont riches en acide glutamique, en vitamine telle que la vitamine B1, B2, B6 et l'acide folique et en sels minéraux tels que le Calcium, le potassium et le fer.

En plus de ces composés majoritaires, ces graines contiennent une quantité appréciable de glucose et de galactose (Warrand et *al.*, 2003 , Zahoor et *al.*, 2004 et Guilloux et *al.*, 2009, et Al-Naqeep et *al.*, 2009).

Selon plusieurs auteurs notamment Grobбен et *al.*, (1998), Chervaux et *al.*, (2000), Letort et Juillard, (2001) et Altan et *al.*, (2008), tous ces éléments sont considérés comme des facteurs de croissance pour *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus*.

En outre, les graines de lin et les graines de nigelle sont riches en fibres (Hadley et *al.*, 1992, Cui, 2001, Al-Naqeep et *al.*, 2009 et Youn Young et *al.*, 2014) ce qui pourrait également être l'origine de l'accélération de la vitesse d'acidification. (Figures N° 21, 22, 31 et 32) car Fernandez-Garcia et McGregor (1997) et Alaa et Khalifa (2015) stipulent que l'addition de fibres de soja, de riz, d'avoine et de blé au lait de vache et l'addition de fibres d'orange au lait de chamelle améliore la croissance des souches inoculées.

D'autre part, l'accélération de la vitesse d'acidification observée dans les laits enrichis de poudre de gingembre (Figures N° 11 et 12) est due à la présence de l'enzyme Zingibaine active durant le traitement thermique et qui libère de l'azote non protéique. Ce dernier est considéré comme un facteur de croissance pour *St. thermophilus*. (Lucas et *al.*, 2004)

Ces résultats concordent avec des travaux rapportés par d'autres auteurs comme ceux de Dave et Shah (1998), Gomes et *al.*, (1998) et Oliviera et *al.*, (2001) qui suggèrent que l'addition d'azote non-protéique au lait de vache améliore le taux d'acidification des bactéries lactiques et réduit le temps de fermentation de 25-75% .

D'après le tableau N° 22, la réduction du temps de fermentation est plus importante dans le lait de chamelle pasteurisé à 63°C /30 min par rapport à celle observée dans le lait de chamelle pasteurisé à 85°C /30 min et additionnée avec les mêmes concentrations. Ce résultat est probablement en relation avec la concentration d'ANP présente dans ce dernier lait. (Tableau N° 21)

La réduction du temps de fermentation obtenue suite à l'addition de ces trois substances au lait de chamelle est similaires à celles trouvées par Shori et Baba Ahmed (2013 a) et Alaa et Khalifa (2015), Selon lesquels l'addition d'*Allium sativum* ou la poudre de fibres d'orange au lait de chamelle réduit le temps de fermentation de 20%.

D'autres auteurs notamment McCann et Day (2011) et Espirito Santo et *al.*, (2012) stipulent que l'addition respectivement de la poudre de carotte et la poudre de sous produits des fruits au lait de vache réduit le temps de fermentation de 20% alors que Oliviera et *al.*, (2001) et Lucas et *al.*, (2004) révèlent que l'addition d'hydrolysate de caséine au lait de vache réduit ce temps d'environ 55%.

D'après les figures N° 13, 14, 23, 24, 33 et 34, l'enrichissement du lait de chamelle influe aussi significativement sur la production d'acide lactique. Ces résultats concordent avec ceux de Tamime et Robinson (1999) qui rapportent que la disponibilité en nutriments en particulier les acides aminés et le lactose accélèrent la croissance et la production d'acide par les bactéries lactiques inoculées.

Ces résultats sont similaires aussi à ceux trouvés par Zare et *al.*, (2013) et Amirdivani et Hj Baba (2013), selon lesquels l'addition de 2 et 3% de farine de pois, de lait écrémé en poudre ou de thé vert au lait de vache augmente la production d'acide lactique au cours de la fermentation.

En outre, on remarque aussi que la production d'acide lactique est proportionnelle à la concentration de la poudre ajoutée mais la différence observée n'est pas significative. Ce résultat est similaire à celui observé par Supavitpatana et Kongbangkerd (2011).

D'après les figures N°15, 16, 25, 26, 35 et 36, les résultats du dénombrement confirment ceux obtenus par l'étude de la cinétique d'acidification et le développement de l'acidité Dornic. En effet, les laits enrichis semblent plus favorables à la croissance des souches inoculées.

Des résultats similaires ont été rapportés par Moreira (2000), Dave et *al.*, (1998), Supavitpatana et Kongbangkerd (2011) et Lucas et *al.*, (2004), ces auteurs suggèrent que l'augmentation du taux de peptides et d'acides aminés libres suite à l'addition de tryptone, de lactosérum en poudre et d'hydrolysats de caséine améliore la croissance et l'activité acidifiante de *St. thermophilus* ce qui conduit à l'amélioration du taux d'acide formique et de CO<sub>2</sub>. Ces derniers à leur tour stimulent la croissance de *Lb. bulgaricus*.

Wasinee et *al.*, (2009) ont révélé aussi que l'addition d'une protéase d'*Aspergillus* au lait de vache libère des peptides à partir des protéines du lait favorisant la croissance rapide de la culture mixte du yaourt.

Pendant les premières heures de la fermentation, *St. thermophilus* croît plus rapidement sur tous les échantillons par comparaison au *Lb. bulgaricus*, ensuite la croissance de ce dernier est stimulée (Figures N° 15, 16, 25, 26, 35 et 36)

Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Walstra et *al.*, (1999) et Chandan (2006).

D'après ces mêmes figures, on remarque aussi que la charge de *St. thermophilus* sur lait de chamelle supplémenté ou non est significativement plus élevée tout au long du processus de fermentation par rapport à celle de *Lb.bulgaricus*. Ce résultat corroborent les résultats rapportés par Birollo et *al.*, (2000), Abu-Tarbouch (1996), Oliviera et *al.*, (2001), Sodini et Béal (2003) et Damin et *al.*, (2009).

En fin d'incubation (pH=4,4), la charge des deux souches est plus élevée dans le lait de chamelle témoin par rapport à celle du lait supplémenté. Ceci est probablement lié à la réduction du temps de fermentation de ce dernier.

Des résultats similaires ont été rapportés par Lucas et *al.*, (2004) et Zhao et *al.*, (2006) selon lesquels la réduction du temps de fermentation du lait de vache supplémenté d'hydrolysats de caséines diminue la concentration finale des bactéries lactiques inoculées.

Plusieurs auteurs comme Dave et *al.*, (1997), Beal et *al.*, (1999), Lucas et *al.*, (2004), Kailasapathy , (2006) et McCann et *al.*, (2011) stipulent que les bactéries lactiques inoculées sont actives à la température de réfrigération et continuent à croître et à produire de l'acide lactique suite à la fermentation du lactose ce qui se traduit par une diminution du pH.

Ceci pourrait expliquer la réduction du pH et l'augmentation de l'acidité Dornic acquise observées dans tous les laits fermentés au cours de la conservation au froid.

D'après les tableaux N° 23, 24, 31, 32, 39 et 40 durant les premiers jours de conservation au froid, tous les laits fermentés enrichis se caractérisent par une post acidification élevée par rapport à celle observée dans le lait témoin. Ceci est probablement lié à la disponibilité des nutriments présents dans ces laits.

Des résultats similaires ont été rapportés par Dave et *al.*, (1998) et Zhao et *al.*, (2006), selon lesquels la disponibilité des acides aminés apportés par les hydrolysats de caséine explique la post acidification élevée dans le lait fermenté de vache supplémenté par rapport à celle observée dans le lait fermenté témoin.

Agil (2013) révèle aussi qu'après 1 jour de conservation la variation de pH observée dans du lait de vache supplémenté de farine de lentilles et fermenté par la culture mixte du yaourt est presque double par rapport à celle observée dans le lait témoin.

D'après ces mêmes tableaux, durant la deuxième quinzaine de conservation, cette post acidification devient moins importante et la différence observée entre le lait témoin et les laits

additionnés de poudre de graines de lin et de poudre de graine de nigelle est non significative. Ce résultat concorde avec les résultats de Dave et *al.*, (1997), Beal et *al.*, (1998), Lucas et *al.*, (2004), Kailasapathy (2006) et McCann et *al.*, (2011). Ces auteurs suggèrent que quand un faible pH est atteint, la croissance des souches inoculées est inhibée et la post acidification est ralentie de manière significative.

D'après les tableaux N° 23 et N° 24 durant toute la période de conservation, les laits de chamelle enrichis avec une concentration de poudre de gingembre supérieure à 0,25% ont subi une post acidification supérieure à celle observée dans les laits fermentés témoins. Des résultats similaires ont été observés dans du lait de vache fermenté supplémenté de farine de Quinoa (Casarotti et *al.*, 2014).

Après 28 jours de stockage, la variation de pH observée dans tous les laits fermentés se rapproche de celle observée dans le lait de vache fermenté supplémenté par les hydrolysats de caséines (Oliveira et *al.*, 2002) et l'acidité acquise observée se rapproche de celle observée dans du lait de vache fermenté supplémenté de farine de Quinoa (Casarotti et *al.*, 2014) et dans du lait de vache fermenté supplémenté par les hydrolysats de caséines (Dave et *al.*, 1998).

Cette post acidification élevée est probablement dû au pouvoir acidifiant élevé de *Lb.bulgaricus*, car cette souche continue à croître et de produire de l'acide lactique jusqu'à pH 4,00. (Dave et Shah, 1997, Beal et *al.*, 1999, Hussain et *al.*, 2009 et Dincel, 2012)

Damin et *al.*, (2008) ont démontré qu'après 28 jours de conservation au froid, le lait fermenté avec *St. thermophilus* et *Lb.bulgaricus* est plus acide ( $0,29 \pm 0,01$  unité de pH) par rapport à ceux fermenté avec *St. thermophilus* et *Lb acidophilus* ( $0,01 \pm 0,03$  unité de pH) et *St. thermophilus* et *Bifidobacterium Lactis* ( $0,04 \pm 0,01$  unité de pH).

D'après les tableaux N° 25, N° 33 et N° 41, tous les laits fermentés se caractérisent par un pH qui se situant entre 4,00-4,19 et une acidité Dornic qui se range entre 97-124 °D, ces valeurs sont similaires à celles observées par Talon et *al.*, (2002), Zhao et *al.*, (2006) et Passephol et Sherkat (2013).

D'après les figures N° 17, 18, 27, 28, 37 et 38, les charges de *Lb. bulgaricus* et *St. thermophilus* ont tendance à diminuer progressivement dans tous les échantillons et ceci quelque soit la température de pasteurisation appliquée. Cependant elles restent plus élevées

que les taux recommandés pour les yaourts par la bibliographie ( $10^6$ - $10^7$  ufc / ml) (Farhat et al., 2013). (Tableaux N° 25, N° 33 et N° 41)

Farahat et al., (2013), Shori et al., (2012) et Passephol et al., (2009) suggèrent que la diminution de la charge des bactéries inoculées observée pendant la conservation au froid est probablement due à la sensibilité de ces bactéries à l'acide développé pendant cette période de stockage.

D'après ces mêmes figures, on remarque aussi que pendant toute la période de conservation au froid, l'enrichissement du lait de chamelle avec la poudre de graines de lin et la poudre de graines de nigelle a augmenté significativement la viabilité de *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus* par comparaison au lait témoin alors que l'enrichissement de ce lait avec la poudre de gingembre a augmenté seulement viabilité de *St. thermophilus*. (Figures N° 27 et N° 28). Ce résultat concorde avec celui de Zhao et al., (2006) et Passephol et Sherkat (2013). Ces auteurs ont rapportés que l'addition d'hydrolysats de caséine ou de poudre d'inuline d'artichaut au lait de vache améliore la viabilité de *St. thermophilus* et de *Lb. bulgaricus*.

Durant toute la période de conservation au froid, la viabilité de *Lb. bulgaricus* est significativement plus élevée par rapport à celle de *St. thermophilus* dans les laits enrichis avec la poudre de graines de lin et la poudre de graines de nigelle. (Figures N° 27, 28, 37 et 38) Ceci est probablement dû au caractéristique de cette souche. En effet, selon Wasinee et al., (2009), Hussain et al., (2009) et Dincel (2012), *Lb. bulgaricus* peut tolérer mieux un pH plus bas que *St. thermophilus* et il continue à croître jusqu'au pH 4,00.

Cependant, la viabilité de *St. thermophilus* est significativement plus élevée dans le lait fermenté enrichis de poudre de gingembre par rapport à celle de *Lb. bulgaricus*. Ceci est probablement dû à la concentration élevée d'ANP. (Figures N° 17 et 18)

### ➤ **Influence de l'addition des substances végétales sur la qualité rhéologique et physiques des gels acides obtenus.**

L'enrichissement du lait de chamelle avec la poudre de gingembre, la poudre de graine de lin et la poudre de graine de nigelle augmente significativement la viscosité apparente, l'indice de consistance, la capacité de rétention d'eau et diminue l'indice de fluidité et la synérèse et ceci quelque soit le traitement thermique appliqué. (Figures N° 19, 20, 29, 30, 39 et 40 et tableaux N° 26, 27, 28, 34, 35, 36, 42, 43 et 44)

L'amélioration observée de ces paramètres dans les laits fermentés enrichis de poudre de gingembre pourrait être due à l'amidon présent dans cette poudre. Amani et *al.*, (2004) Ahmed et *al.*, (2011) et Michael et *al.*, (2014) rapportent que ce rhizome contient une quantité considérable d'amidon (jusqu'à 40%, base sèche) ayant une capacité de rétention d'eau similaire à celle de l'amidon de maïs.

Des résultats similaires ont été rapportés par Schmidt et *al.*, (2001), Najgebauer-Lejkó et *al.*, (2007), Lobato-Calleros et *al.*, (2014) et Ibrahim et *al.*, (2015). Ces auteurs ont démontré que l'enrichissement du lait avec l'amidon de différentes origines botaniques améliore la viscosité et la capacité de rétention d'eau et diminue la synérèse dans les yaourts fabriqués au lait de vache.

Eliasson (2004) et Oh et ses collaborateurs (2007) ont étudié cette capacité à épaissir le gel et ils ont clairement observé que pendant le traitement thermique préalable du lait, les groupements hydroxyles libres sur les molécules de glucose composant l'amylose et l'amylopectine permettent l'absorption d'une grande quantité d'eau résultant en un gonflement du granule d'amidon et par conséquent, en une augmentation de la viscosité.

Gentès (2011) démontre que cette viscosité augmente encore plus lors de l'étape de refroidissement car l'abaissement de la température cause l'association des chaînes d'amylose par des liens hydrogène.

L'augmentation de la viscosité apparente, la capacité de rétention d'eau et la diminution de l'indice de fluidité et de la synérèse observées dans les laits fermentés enrichis avec la poudre de graines de lin est probablement dû d'une part à l'augmentation de la teneur en extrait sec et en protéines. Des résultats similaires ont été rapportés par Lucey, (2001), Penna et *al.*, (2006) et Peng et *al.*, (2009). D'autre part, cette amélioration peut être attribuée à la présence d'une quantité élevée de matière mucilagineuse composée principalement de 75% d'arabinoxylanes et 25% d'une molécule qui ressemble à la pectine (Warrand et *al.*, 2003 et Warrand et *al.*, 2005)

Windsor et *al.*, (2000) , Warrand et *al.*, (2003) , Warrand et *al.*, (2005) et Arsovski et *al.*, (2010) stipulent que le mucilage emprisonné dans l'espace apoplastique de ces graines absorbe l'eau et se dilate engendrant ainsi la rupture de la paroi primaire. Par conséquent, il se libère dans la solution et forme de grands agrégats.

D'après les figures N° 19, 20, 29 et 30 et les tableaux N° 26 et 34, l'amélioration de la viscosité apparente et de l'indice de consistance est meilleure dans le lait enrichi de poudre de gingembre et de poudre de graines de lin et pasteurisé à 85°C/30 min par rapport à celui enrichi et pasteurisé à 63°C/30 min. ceci est probablement dû aux caractéristiques des polysaccharides présents dans ces poudres.

En effet, Cui et *al.*, (1994) et Michael et *al.*, (2014) démontrent respectivement que le rendement d'extraction des polysaccharides de graines de lin et le pouvoir de gonflement de l'amidon du gingembre est proportionnelle à la température du traitement thermique.

L'addition de la poudre de graines de nigelle au lait de chamelle a amélioré légèrement la viscosité apparente et la capacité de rétention d'eau et a diminué la synérèse et ceci quelque soit le traitement thermique appliqué. (Figures N° 39 et 40, tableaux N°43 et 44) Ceci est probablement dû à la présence des polysaccharides non amidonnés sous forme de fibres alimentaires (Zahoor et *al.*, 2004 et Al-naqeeq et *al.*, 2009 ) ayant une grande capacité de rétention d'eau (Davidson et Mc-Donald, 1998 et Bach Knudsen, 2001)

Des résultats similaires ont été rapportés par Fernandez-Garcia et McGregor (1997) et Alaa et khalifa (2015). Ces auteurs signalent que l'addition de fibre d'orange, de soja, de riz, d'avoine et de blé pendant la fermentation du lait améliore la viscosité du produit fini.

Touts fois, l'amélioration observée est minime par comparaison au lait témoin, cela est probablement dû à la faible concentration de la poudre ajoutée.



# Conclusion

### Conclusion

Les essais expérimentaux réalisés au cours de cette étude sur le lait de chamelle ont confirmé les difficultés technologiques auxquelles se sont confrontées les études ultérieures à savoir un temps de coagulation long et un gel dépourvu de toute fermeté. Ces problèmes ont pu être partiellement contournés d'une part par le choix des paramètres technologiques et d'autre part par l'addition de poudre de gingembre, de poudre de graines de lin et de poudre de graines de nigelle.

En effet, il ressort de cette étude que :

- Une température de pasteurisation de 85°C pendant 30 min, une température d'incubation de 43°C et un taux d'ensemencement supérieure à 1,5% accélère la vitesse d'acidification et améliore la production d'acide lactique ce qui aboutit à une réduction du temps de fermentation de 20%.
- Une addition d'une concentration supérieure à 0,5% de poudre de gingembre au lait pasteurisé à 63°C pendant 30 min réduit le temps de coagulation de 50% contre une réduction de 20% dans le lait pasteurisé à 85°C pendant 30 min et additionné avec les mêmes concentrations.
- Une addition d'une concentration supérieure à 0,5% de poudre de graines de lin réduit le temps de coagulation de 33% dans le lait pasteurisé à 63°C pendant 30 min contre une réduction de 20% dans le lait pasteurisé à 85°C pendant 30 min et additionné avec les mêmes concentrations.
- Une addition d'une concentration égale ou supérieure à 0,2% de poudre de graines de nigelle apporte une réduction de 20% et ceci quelque soit le traitement thermique appliqué.
- Toutefois la viabilité des deux souches inoculées, l'indice de consistance des yaourts formés et la capacité de rétention d'eau sont meilleures dans le cas où les laits sont pasteurisés à 85° pendant 30 min.

Compte tenu de tous ces résultats il serait préférable de pasteuriser le lait supplémenté de poudre de plante à 63°C pendant 30 min et produire des yaourts à boire afin de réduire le temps d'incubation au maximum et assurer ainsi un meilleur gain d'énergie et de temps à l'industrie, de garder les qualités nutritionnelles et thérapeutiques initiales du lait et ceci au détriment de la texture qui pourrait être corrigée par des gélifiants industriels.



# Perspectives

## **Perspectives**

Ces acquis technologiques méritent d'être complétés par l'étude :

- De la microstructure des gels acides obtenus à l'aide d'un microscope électronique à balayage.
- De l'acceptabilité du produit fini en procédant à une évaluation organoleptique par une analyse sensorielle.
- De l'effet thérapeutique en menant une étude clinique.



# Références bibliographiques

---

## Références bibliographiques

1. **Abbasi H., Mousavi M. E., Ehsani M. R., Jomea Z. E., Vaziri M., Aziznia S.,** 2009. Influence of starter culture type and incubation temperatures on rheology and microstructure of low fat set yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*. 62(4): 549-555.
2. **Abu-Trabouch M. H.,** 1994. Growth behavior of *Lactobacillus acidophilus* and biochemical characteristics and acceptability of acidophilus milk made from camel milk. *Milchwissenschaft*. 49 (7): 379-382.
3. **Abu-Tarboush H. M.,** 1996. Comparison of associative growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows. *Journal Dairy Science*. 79: 366-371
4. **Abu-Tarboush H. M., Al-Dagal M. M., Al-Royli M. A.,** 1998. Growth, viability and proteolytic activity of bifidobacteria in whole camel milk. *Journal Dairy Science*. 81: 354-361.
5. **Abu-Lehia I. H.,** 1994. Recombined camel's powder. *Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.*
6. **Acket S., Blondiaux M., Bouton S., Pageau K.,** 2011. Formation et structure du mucilage séminal chez le lin. *Journée du réseaux français des parois*, 6-8 Juin, Lille, France.
7. **Adamou A.,** 2008. L'élevage camelin en Algérie : quel type pour quel avenir ? *Sécheresse*. 4(19): 253-260.
8. **Adolphe J. L., whiting S. J., Juurlink B. H., Thorpe L. U., Alcorn J.,** 2010. Health effects with consumption of the flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. *British Journal Nutrition*. 103 : 929-938.
9. **AFNOR,** 1993. Association Française de Normalisation, Contrôle de la qualité des produits alimentaire. Paris

10. **Agil R., Gaget A., Gliwa J. A., Avis T. J., Willmore W. G, Hosseinian F.,** 2013. Lentils enhance probiotic growth in yogurt and provide added benefit of antioxidant protection. *Food Science and Technology*. 50: 45-49.
11. **Agrawal R. P., Swamir S. C., Beniwal R., Kochar D. K., Sahani M. S., Tuteja F. C. and Gouri S. K.,** 2003. Effect of raw camel milk on glycemic control risk factors and diabetes quality of life on type 1 diabetes: a randomized prospective controlled study. *Journal of camel practice and research*. 10(1): 45-50.
12. **Agrawal R. P., Swamir S. C., Tuteja F. C. and Gouri S. K.,** 2005. Hypoglycemic activity of camel milk chemically pancreatomized rats- an experimental study. *International Journal of Diabetes in Development Countries*. 25: 75-79.
13. **Ahmed M., Aissat S., Djebli N., Boulkaboul A.,** 2011. The influence of starch of ginger on the antibacterial activity of honey of different types from Algeria against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Microbiological Research*. 2 (3): 258-262.
14. **Aigueperse L.,** 2014. Plante à l'officine : soyons phytovigilants. Thèse, *Université Joseph Fourier*, Grenoble, Paris.
15. **Al-Homidan A., Al-Qarawi A., Al-Waily S. A., Adam S. E.,** 2002 . Response of broiler chicks to dietary *Rhaziya stricta* and *Nigella sativa*. *British Poultry Science*. 50: 832-836.
16. **AI-Jassir M. S,** 1992. Chemical composition and microflora of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds growing in Saudi Arabia. *Food Chemistry*. 45: 239-242.
17. **Akram Khan M.,** 1999. Chemical composition and medicinal properties of *Nigella Sativa* Linn. *Infammopharmacology*. 7: 15-35
18. **Alaa H., Ibrahim S. and Khalifa A.,** 2015. Improve sensory, quality and textural properties of fermented camel's milk by fortified with dietary fiber. *Journal of American science*. 11(3): 42-54.

19. **Al-Awadi G. A. M.**, 1998. Amino acid composition and biological effects of supplementing broad bean and corn protein with *Nigella sativa* (Black cumin) cake protein. *Nahrung*. 42(5): 290-290.
20. **Al-Hader A.**, 1993. Hypoglycemic effect of the volatile oil of *Nigella sativa* seeds. *International Journal of Pharmacology*. 31: 96-100.
21. **Al-Haj O. and Al-kanhal H. A.**, 2010. Compositional, technology and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International dairy journal*. 20: 811-821
22. **Ali B. H., Blunden G., Tanira M. O., Nenmar A.**, 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber Officinale* Roscoe) a review of recent research. *Food chemistry Toxicology*. 46(2): 409-420.
23. **Ali B. and Blunden G.**, 2003. Pharmacological and Toxicological properties of *Nigella sativa*. *Phytotherapy Research*. 15 : 59-69.
24. **Alim N., Fondrini F., Bonizzi I., Feligini M., Enne G.**, 2005. Characterization of casein fractions from Algerian dromedary (*Camelus dromedarius*) milk. *Pakistan Journal of Nutrition*. 4(2): 112-116.
25. **Aljabre S. H., Randhawa M. A., Akhtar N., Alakloby O. M., Al-Qurashi A. M. and Aldossary A.**, 2005. Antidermatophyte activity of ether extract of *Nigella sativa* and its active principle tymoquinone. *Journal ethnopharmacology*. 101(1-3): 116-11.
26. **Al-Naqeeb G., Al-Zubairi A. S., Maznah I. and Norhaizan M. E.**, 2009. Nutrients composition and minerals content of three different samples of *Nigella sativa* L cultivated in Yemen. *Asian Journal of Biological Science*. (2)2: 43-48.
27. **Alonso L., Marcos M. L., Blanco J. G., Narvarro J. A., Juste S., Delmar Garces M.**, 1996. Anaphylaxis caused by linseed (Flaxseed) intake. *Journal Allergy Clinical immunology*. 98(2) : 469-470.
28. **Altan D., Beal C. J., Champomier-Verges M. C.**, 2008. Métabolisme et ingénierie métabolique in Corrieu G. et Luquet F.A. Bactéries lactiques de la génétique au ferment. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France. 273-540

29. **Aliani M., Ryland D. and Pierce G.N.**, 2011. Effect of Flax Addition on the Flavor Profile and Acceptability of Bagels. *Journal of Food Science*. 77(1): 62-70 .
30. **Al-Bukhari M. I.**, 1976. Division (71) on medicine, In: Sahi Al-Bukhari. The collection of authentic sayings of Prophet Mohammad (peace be upon him), 2nd edition, Hilal Yayinlari, Ankara, Turkey.
31. **Alwan A. A., Tarhuni A. H.**, 2000. The effect of camel milk on *Mycobacterium tuberculosis* in man. *Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming"*, 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan.100
32. **Amani N. G, Tetch F. A., Aissatou C.**, 2004. Propriétés physicochimiques de l'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) de cote d'ivoire. *Tropiculture*. 22(2) : 77-83.
33. **Ammara H. and Imran A.**, 2010. Nutritional evaluation of yoghurt prepared by different starter cultures and their physiochemical analysis during storage. *African Journal of Biotechnology*. 9(20) : 2913-2917
34. **Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R.**, 2002, Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologiques et techniques d'analyses du lait in Vignola C.L. Sciences et technologie du lait, Presses internationales Polytechnique, Montréal, Canada. 1-73.
35. **Amirdivani S. and Hj Baba A. S.**, 2013. Rheological properties and sensory characteristics of greenn tea yogurt during storage. *Life Science Journal*. 10(12) : 378-390.
36. **Anton, R., Teuscher, E., Lobstein-Guth, A., Bauermann, U., Werner, M., Rohrner, C.**, 2005. Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris: *Médicales internationales*. 300-322
37. **Arête interministériel du 16 Jomada Ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998** relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leur mise en consommation en Algérie. 1-2.

38. **Arsovski A. A., Popma T. A., Haughm G. W., Carpita N. G., Mccann M. C. and Westerm T. L.,** 2010. ATBXL 1 encodes a bifunctional B-D-xylosidase/  $\alpha$ -L-arabinofuranosidase required for pectic arabinan modification in arabidopsis mucilage secretory cells. *Plant Physiology*. 150: 1219-1234
39. **Atta M. B.,** 2003. Some characteristics of *Nigella sativa L.* seeds cultivated in Egypt and its lipid profile. *Food Chemistry Journal*. 83(1) : 63-68.
40. **Atta-ur-rahman M., Ahmed S., Choudhary M., & Habib -Urrahman ,** 1985a. Nigellimine-N-oxide-a new isoquinoline alkaloid from the seeds of *Nigella sativa*. *Heterocycles*. 23 : 953-955.
41. **Atta-ur-rahman M., Cun-eng H., & Clardy J.,** 1985b. Isolation and structure determination of nigellicine, a novel alkaloid from the seeds of *Nigella sativa*. *Tetrahedron letters*. 23: 2759-2762.
42. **Atta-ur-rahman M. and Zaman K.,** 1992. Nigellimine : a new isoquinoline alkaloid from *Nigella sativa*. *J. Nat. Prod*. 55: 676-678.
43. **Atta-ur-rahman M., Hassan S., Coudhary M., and Clardy J.,** 1995. Nigellidine : a new indazole alkaloid from the seeds of *Nigella sativa*. *Tetrahedron letters*. 36 : 1993-1996.
44. **Attia, H., Kerouatou N., Nasri M. and Khorchanib T.,** 2000. Characterization of the dromedary milk casein micelle and study of its changes during acidification. *INRA, EDP Science*. 80 : 503-51.
45. **Attia, H. N., Kerouatou N., Dhoud A.,** 2001. Dromedary milk lactic fermentation: microbiological and rheological characteristics. *Journal Indian Microbiology and Biotechnology*. 26: 263-270.
46. **Bach Knudsen E.,** 2001. The nutritional significance of dietary fibre analysis. *Animal food science and technology*. 90: 3-20.
47. **Barel Y. et Butel M.,** 1998. Les médecines parallèles : quelques lignes de force. *La documentation française, Paris*. 237-277.

48. **Barnes, H.A., Hutton, J.F. and Walter S, K.,** 1993. An Introduction to Rheology. *Elsevier scientific publishing Co, Amsterdam, the Netherlands.* 199-205.
49. **Beal C. et Corrieu G,** 1991. Influence of pH, temperature and inoculums composition on mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaricus* 398. *Biotechnology and Bioengineering.* 38: 90-98.
50. **Beal C., Skokanova J., Latrille E., Martin N. et Corrieu G.,** 1999. Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. *Journal of Dairy Science.* 82(4): 673-681.
51. **Beg O. U., Bahr-Lindstrom H. V., Zaidi Z. H. and Jornivall H.,** 1984. A small camel protein rich in cystein / half cystine. *Bioscience.* 4: 1065-1070.
52. **Beg O. U., Bahr-Lindstrom H. V., Zaidi Z. H. and Jornivall H.,** 1987. Characterization of a camel milk protein rich in proline identifies a new B-casein fragment. *Regulatory Peptides.* 15: 55-62.
53. **Bekele T., Zekele M and Baars R.M.T.,** 2002. Milk production performance of the one humped camel (*camelus dromedarius*) under postoral management in semi-arid eastern Ethiopia. *Livestock Production Science.* 76 : 37-44.
54. **Benaissa M.,** 1989. Le dromadaire en Algérie. *Option méditerranéennes - série séminaire.* 2: 19-28.
55. **Benkerroum N., Mekkaoui M., Bannani N., Hidane K.,** 2004. Antimicrobial activity of camel's milk against pathogenic strains of *Echerichia coli* and *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Dairy Technology.* 57(1): 39-43.
56. **Beroual k.,** 2014. Impact of *linum usitatissium* sur la régénération épithéliale et sur la pousse de poils. Thèse, *université de Constantine. Algérie.*
57. **Bingham S. A., Day N. E., Luben R., Ferrari P., Slimani N., Noral T., Boeing H.,** 2003. Dietary fiber in food and protection against colorectal cancer in the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC): an observational study. *The Lancet.* 361: 1461-1501.

- 
58. **Birollo G. A., Reinheimer J. A. and Vinderola G. C.,** 2000. Viability of lactic acid microflora in different types of yoghurt. *Food Research International*. 33: 799–805
59. **Bloedon et Szapary,** 2004. Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutrition review*. 62(1): 18-27
60. **Bonnier G.,** 1990. La grande flore en couleur. In Bonnier G. et Douin R., Berlin, Paris, tome 1.
61. **Borget M.,** 1991, Les plantes tropicales à épices. Edition Maisonneuve et La rose. Paris. 15, 182 .
62. **Boubchir-Ladj Khahina,** 2000. Effet de l'enrichissement avec des concentrés de protéines laitières et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à laiterie Soummam d'Akbou. *Mémoire de magister, université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie.*
63. **Boudjenah-Haroun S.,** 2012. Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaires. Thèse, *Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie.*
64. **Buliard J.,** 2011. Interactions des bactéries lactiques productrices d'exopolysaccharides et effets sur les propriétés rhéologiques du yaourt. Thèse, *Université Laval Québec, Canada.*
65. **Buonopane G. J., Kilara A., Smith J. S., and McCarthy R. D.,** 1992. Effect of skim milk supplementation on blood cholesterol concentration, blood pressure and triglycerides in a free-living human population. *Journal of American College of Nutrition*. 11: 56-67.
66. **Cais-Sokolinska D., Michalski M. M. and Pikul J.,** 2004. Role of the proportion of yoghurt bacterial strains in milk souring and the formation of curd qualitative characteristics. *Bull. Vet. Ins. Pulawy*. 48: 437-441
67. **Carter J.F.,** 1993. Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. *Cereal Foods World*. 38: 753-759.

- 
68. **Casarotti S. N, Carneiro B. M. and Penna A. L. B.**, 2014. Evaluation of the effect of supplementing fermented milk with quinoa flour on probiotic activity. *Journal Dairy Science*. 97 :1-9
69. **Castillo M., Lucey J. A., Payne F. A.**, 2006. The effect of temperature and inoculum concentration on rheological and light scatter properties of milk coagulated by a combination of bacterial fermentation and chymosin. Cottage cheese-type gels. *International Dairy Journal*. 16: 131-146
70. **Cayot P. D., Fairise J. F., Colas B., Lorient D., Brule G.**, 2003. Improvement of rheological properties of firm acid gels by skim milk heating is conserved after stirring. *Journal Dairy research*. 70 : 423-431.
71. **Cayot P. D., Lorient D.**, 1998. La micelle de CN. in Cayot P., Lorient D. Structure et techno fonctions des protéines du lait. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, 51-79.
72. **Cerning J., Buillanne C and Landon M.**, 1990. Comparaison of exocellular polysaccharide production by thermophilic lactic acid bacteria. *Science des aliments*. 10: 443-451.
73. **Cevdet N. and Semih O.**, 1993. Chemical composition of *Nigella sativa* L. seeds. *Food Chemistry*. 48 : 259-261.
74. **Chaiyakunapruk N., Kitikannakoum N., Nathisuwan S., Leeprabobbon K., Leelasehagool C.**, 2006. The efficacy of ginger for the prevention of post operative nausea and vomiting a meta-analysis. *Am. J. Obstet. Gynecol*. 194: 95-99.
75. **Chandan R. C.**, 2006. Principales of yogurt processing in Chandan R.C., Kilara A., Hui Y.H. Manufacturing of yogurt and fermented milk 1<sup>st</sup> edition, blackwell Publishing. 195-210.
76. **Charles D. J.**, 2013. Antioxidant properties of epics, herbs and other source. *New York. Springer science and business media*. 335-345.

77. **Chehma A.**, 2003. Productivité pastorale et productivité laitière en Algérie, in Lhoste F., Production et santé animales, lait de chamelle pour l'Afrique. FAO, Rome. 43-51.
78. **Cheith-Rouhou S., Besbes S., Hentati B., Blecker C., Deroanne C., Attia H.**, 2007. Chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction. *Food chemistry*. 101: 673-681.
79. **Chen Z. Y., Ratnayake W. M. N., Cunnane S. C.**, 1994. Oxidative stability of flaxseed lipids during baking. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 71(6): 629-632.
80. **Cheng L. J., Augusin A. A., Clarck P. T.**, 2000. Yogurts from skim milk-whey protein concentrate blends. *Australian journal of dairy technology*. 55-61.
81. **Chervaux C., Ehrlich S. D. and Maguin E.**, 2000. Physiological study of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* strains in a novel chemically defined medium. *Appl. Environ. Microbiol.* 66(2) : 5306-5311.
82. **Chrubasik S., Pihlert H., Roufogalis B. D.**, 2005. Zingiberis rhizome: a comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles. *Phytomed.* 12: 684-701
83. **Chung M, Lei B., Li-chang E.**, 2005. Isolation and structural characterization of the major protein fraction from flaxseed (*Linum usitatissimum L.*). *Food Chemistry*. 90: 271-279.
84. **Clark S., Plotka V. C.**, 2004, Yogurt and sour cream: operational procedures and processing equipment in Hui Y.H. Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology, New York, Marcel Dekker. 134
85. **Codex alimentarius**, 1975.-Normes n°A 11(A). Lait et produits laitiers, 2 édition, Lavoisier. 2012 - 45.
86. **Corrieu G. et Luquet F. M.**, 2005. Bactéries lactiques et probiotiques. Tec. et Doc. Lavoisier, Paris, France. 307.
87. **Courtin P. et Rul F.**, 2004. Interaction between microorganisms in a simple ecosystem: yogurt bacteria as a study model. *Lait*. 84: 125-134.

88. **Courtin P., Monnet V., Rul, F.,** 2002. Cell-wall proteinases PrtS and PrtB have a different role in *Streptococcus thermophilus/Lactobacillus bulgaricus* mixed culture in milk. *Microbiol.* 148: 3413-3421.
89. **Crittenden R. G., Martínez N. R. and Playne M. J.,** 2003. Synthesis and utilisation of folate by yoghurt starter cultures and probiotic bacteria. *International Journal of Food Microbiology.* 80: 217-222.
90. **Cui S.W., Maza G., Oomah B. D. and Biliaderis C. G.,** 1994. Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by response surface methodology. *Lebensm-wiss- technol.* 27: 363-369.
91. **Cui S.W.,** 2001. Polysaccharide gums from agricultural products processing structure and functionality. Lancaster P.A.: Technomic publishing. C.O, 284.
92. **Czemplik M., Boba A., Kostyn K., Kulma A., Mituta A., Zuk M.,** 2011. Flax. Engineering for biomedical application in Malgorzata A., Komorowska A. and Sylwia O. Biomedical engineering trend, research and technologies. Tec. 407-434.
93. **Damin M. R., Minowa E., Alcantara M. R. and Oliveira M. N.,** 2008. Effect of cold storage on culture viability and some rheological properties of fermented milk prepared with yogurt and probiotic bacteria. *Journal of Texture Studies.* 39: 40–55.
94. **Damin M. R., Alcântara M. R., Nunes A. P. and Oliveira M. N.,** 2009. Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *Food Science and Technology.* 42:1744–1750.
95. **Daun J., Barthet V., Chornick T. and Duguid S.,** 2003. Structure, composition and variety development of flaxseed in Thompson L., Cunanne S., Flaxseed in human nutrition , 2<sup>ème</sup> edition, champaign, Illinois, 1-40.
96. **Dave R. I., Shah N. P.,** 1998. The influence of ingredient supplementation on the textural characteristics of yogurt. *Australian Journal of Dairy Technology.* 53(3): 180-184.
97. **Dave R. I. et Shah, N. P.,** 1997. Effect of level of starter culture on viability of yogurt and probiotic bacteria in yogurts. *Food Australia.* 4: 164–168.

98. **Davidson M. H. and McDonald A.**, 1998. Fiber: Forms and functions. *Nutrition Research*. 18: 617–624.
99. **De Lorenzi L., Pricl S. and Torriano G.**, 1995. Rheological behavior of low-fat and full-fat stirred yoghurt. *International Dairy Journal*. 5: 661–671.
100. **Desouky M. M., Shalaby S. M., Soryal K. A.**, 2013. Compositional, rheological and organoleptic qualities of camel milk labneh as affected by some heat treatments. *World Journal of Dairy and Food Sciences*. 8(2): 118-130.
101. **Décret n°88-1203** du 30 décembre 1988 relatif aux laits fermentés et au yaourt ou yoghourt. *Journal officiel*. 1-5.
102. **Diarra M. S., Petitclerc D., Lacasse P.**, 2002. Effect of lactoferrin in comparison with penicillin on the morphology and the physiology of *staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis. *Journal of dairy science*. 85: 1141-1149.
103. **Dincel S.**, 2012. Chemical and rheological properties of yoghurt produced by lactic acid cultures isolated from traditional Turkish yoghurt. These, the graduate school of natural and applied sciences of middle east technical university, Turkey.
104. **Dionne A., Dionne J., Frenette S. and Espérance S.**, 2012. Traitement pharmacologique et non hormonal des bouffées de chaleur chez les femmes atteintes d'un cancer du sein. Direction Québécoise du cancer. *Comité de l'évolution des pratiques en oncologie (CEPO)*. 2-75
105. **Donkor O. N., Nilmini S. L. I., Stolic P and Shan N. P.**, 2007. Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yogurt during cold storage. *International dairy journal*. 17: 657-665.
106. **Duboc P., Mollet B.**, 2001, Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal*. 11 (9): 759-768.
107. **Durrani F. R., Chand N., Zaka K., Sultan A., Khattak F. M. and durrani Z.**, 2007. Effect of different levels of feed added black seed (*Nigella sativa L.*) on the performance of broiler chicks. *Pakistan Journal. Biology Science*. 10: 4164-4167.

108. **El-Abhar H. S., Abdallah D. M., Saleh S.,** 2003. Gastroprotective activity of *Nigella sativa* oil and its constituent, thymoquinone, against gastric mucosal injury induced by ischaemia/reperfusion in rats. *Journal Ethnopharmacol.* 84: 251-258.
109. **El-Agamy E. I.,** 2000. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo milk proteins. *Food Chemistry.* 68: 277-232
110. **El-Batawy O. I., Ashoush I. S. and Mehanna S. H.,** 2014. Impact of mango and pomegranate peels supplementation on quality characteristics of yoghurt with or without whey powder. *World Journal of dairy and Food science.* 9(1): 57-65.
111. **El-Hatmi H., Girardet J. M., Yahyaoui M. H., Attia H.,** 2007. Characterization of whey proteins of camel (*camelus dromedarius*) milk and colostrums. *Small ruminant research.* 70: 267-271.
112. **Eliasson A. C.,** 2004. Starch in food Structure, function and applications. Woodhead Publishing Limited CRC Press LLC. 300.
113. **El-Zubeir I. E. M et Jabreel S. O.,** 2008. Fresh cheese from camel milk coagulated with Camifloc. *International Journal of Dairy Technology.* 61: 90-95.
114. **Ensiyeh J., Sakineh M. A.,** 2009. Comparing ginger and vitamin B6 for the treatment of nausea and vomiting in preparing a randomized controlled trial. *Midwifery.* 25(6): 649-653.
115. **Ereifej K. I., AliDah H., Alkhalidy H. A., Ali I. and Rabah T.,** 2011. Comparaison and characterization of fat and protein composition of camel milk for eight Jordanian locations. *Agricultural and Food Chemistry.* 127: 282-289.
116. **Eshraga A., El-fadil E. B. and Abu El-Gasim A. Y.,** 2011, Physicochemical, microbiological and sensory characteristics of yoghurt produced from camel milk during storage. *Electronic Journal of Environmental Agricultural and food chemistry.* 10 (6): 2305-2313.
117. **Espirito-Santo A. P., Perego P., Converti A., Oliviera M. N.,** 2012. Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetics,

- texture profile and bacterial viability in probiotic yoghurts. *Food Science and Technology*. 47: 393-399.
118. **Faivre C. I., Lejeune R., Staub H., Goetz P.,** 2006. Zingiber officinale Roscoe. Phototherapy. 4(2): 99-102.
119. **Farag S. I., and Kabary K. M.,** 1992. Chemical composition and physical properties of camel's milk and milk fat. In proceeding of the 5<sup>th</sup> Egyptian conference on dairy science and technology. Cairo, Egypt: Egyptian society of dairy sciences.
120. **Farah Z., Steriff J and Bachmann M.R.,** 1990. Preparation and consumer acceptability tests of fermented camel milk in Kenya. *Journal Dairy Research*. 57: 281-283.
121. **Farah Z., Rettenmaier R., Atkins D.,** 1992. Vitamin content of camel milk, *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 62 (1): 30-33.
122. **Farah, Z. et Rüegg, M.,** 1991. The creaming properties and size distribution of fat globules in camel milk. *Journal of Dairy Science*. 74: 2901–2904.
123. **Farah Z.,** 1993. Composition and characteristics of camel milk. *Journal Dairy Research*. 60: 603-626.
124. **Farah Z.,** 1996. Camel milk properties and products. Swiss centre for development cooperation in technology and management. Skat, *Switzerland*. 1-91.
125. **Farah Z.,** 2011. Camel milk in Fuquay J.W., Fox P.F. and McSweeney. Encyclopedia of dairy sciences, 2<sup>nd</sup> edition, San Diego: Academic Press. Elsevier. 512-517.
126. **Farhat A. M., and El-Batawy O. I.,** 2013. Proteolytic activity and some properties of stirred fruit yoghurt made using some fruits containing proteolytic enzymes. *World journal of dairy and food science*. 8(1): 38-44.
127. **Faye B. et Mulato O. C.,** 1991. Facteurs de variation des paramètres protéo-énergétiques, enzymatiques et minérales chez le dromadaire de Djibouti. *Rev-elev. Méd. Vét. des pays trop*. 44 : 325-334.

128. **Felfoul I., Lopez C., Gaucheron F., Attia H. et Ayadi M.A.**, 2015. Fouling behavior of camel and cow milks under different heat treatments. *Food Bioprocess Technology*. 8(8): 1771-1778
129. **Fernandez-Garcia E. et McGregor J. U.**, 1997. Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber. *Z Lebensm unters forsch A*. 204: 433,437.
130. **Folkenberg D. M., Dejmek P., Skriver A., Skov Guldager H., Ipsen R.**, 2005, Sensory and rheological screening of exopolysaccharide producing strains of bacterial yoghurt cultures. *International Dairy Journal*. 16 (2): 111-118.
131. **Ganorkar P. M and Jain R. K.**, 2013. Flaxseed a nutritional punch. *International food research journal*. 20(2) : 519-525.
132. **Gentes M. C.**, 2011. Compréhension du rôle structural d'exopolysaccharides de bactéries lactiques dans des systèmes laitiers fermentés enrichis en amidon modifié. *Thèse, université Laval, Québec*.
133. **Gharby S.**, 2015. Chemical investigation of *Nigella sativa L.* seed oil produced in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.14: 172–177
134. **Ghedira K.**, 2006. La nigelle cultivée : *Nigeila sativa L.* (Ranunculaceae). *Phytothérapie*. 5:220-226
135. **Ghosheh O.A., Houdi A. A. and Crooks P. A.**, 1999. High performance liquid chromatography analysis of the pharmacologically active quinines and related compounds in the oil of black seed (*Nigella sativa .Lin*). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 19 : 757-762.
136. **Gignon F.**, 2012. Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie*. 10(2): 87-91.
137. **Gilhotra N. and Dhingra D.**, 2011. Thymoquinone produced antianxiety-like effects in mice through modulation of GABA and NO levels. *Pharmacol. Rep*. 63: 660-669.
138. **Girardet J. M., Saulnier F., Gaillard J. L., Ramet J. P. et Humbert G.**, 2000. Camel (*Camelus dromadarius*) milk PP3: evidence for an insertion in the amino-terminal sequence of the camel milk whey protein. *Biochem. Cell. Bio*. 78: 19-26.

139. **Gomes A. M. P., Malcata X. F., Klaver F. A. M.,** 1998. Growth enhancement of *bifidobacterium lactis* Bo and *lactobacillus acidophilus* Ki by milk hydrolysates. *Journal of dairy science*. 81: 2817-2825
140. **Greenish H.,** 1880. Contribution to the Chemistry of *Nigella sativa*. *Pharmac J Trans*. 10: 909-911.
141. **Grobben G. J., Chin- Joe L., Kitzen V. A., Boels L. C., Boels F., Sikkema J., Smith M. R., De Bont J. A.,**1998. Enhancement of expolysaccharide production by *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* NCFB. 2772 with simplified defines medium. *Appl. Environ. Microbial*. 64(4): 1333-1337.
142. **Guha D., Biswas B. et Purkayastha S.,** 2005. Suppression of penicillin induced epileptiform activity by *Nigella sativa* : possible mediation by neurotransmitters. *Biogenic Amines*. 19: 309-321.
143. **Guilloux K., Gaillard I., Courtois J., Courtois B.,** 2009. Production of Arabinoxylan-oligosaccharides from flaxseed (*Linum usitatissimum* ). *J.Agricu. Food chem*. 57: 11308-11313
144. **Guinée T. P., Mullins C. G., Reville W. J., Cotter M. P.,** 1995. Physical properties of stirred curd, unsweetened yoghurts stabilized with different dairy ingredients. *Milchwissenschaft*. 50: 196-200.
145. **Guler-Akin M. B and Akin M. S.,** 2007. Effects of cysteine and different incubation temperatures on the microflora, chemical composition and sensory characteristics of bio-yogurt made from goat's milk. *Food Chemistry*. 100: 788-793.
146. **Gutiérrez C., Rubilar M., Jara C., Verdugo M., Sineiro J., Shenec C,** 2010. Flaxseed and flaxseed cake as a source of compounds for food industry. *J. soil sci. plan. Nutri*. 10 (4): 454-463.
147. **Haddadin M. S. Y., Gammoh S. I. and Robinson R. K,** 2008. Seasonal variation in the chemical composition of camel milk in Jordani. *Journal of dairy research*. 75: 8-12.

148. **Hadley M., Lacher C., and Mitchel-Fetch J.,** 1992. Fiber in flaxseed. *In proceedings of the 54 the flax institute of United States.* 79-83.
149. **Haghighi A., Tavalaci N and Owlia M.,** 2006. Effect of ginger on primary knee osteoarthritis. *Indian journal of rheumatology.* 1(11): 3-7.
150. **Hall C. I., Tulbek M., C., Wu Y.,** 2006. Flaxseed. *Advances in Food and Nutrition Research.* 51: 1-97
151. **Hanafy M. and Hatem M.,** 1991. Studies on the antimicrobial activity of Black seed. *J Ethnopharmacol.* 34 (2/3): 275-278.
152. **Haq A., Lobo P. I., Al-Tufail M., Rama N. R., Al-Sedairy S. T.,** 1999. Immunomodulatory effect of *Nigella sativa* proteins fractionated by ion exchange chromatography. *Int. J. Immunopharmacol.* 21: 283-295.
153. **Haque A., Richardson R. K., Morris E. R.,** 2001. Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt. *Food Hydrocolloids.* 15 (4-6): 593-602.
154. **Harman J. C.,** 2007. Herbal medicine in equine practice in Mosby E. Veterinary herbal medicine. St Louis. 411-439.
155. **Hashim I. B., Khalil A.H. and Habib H.,** 2008. Quality and acceptability of set-type yogurt made from camel milk. *Journal Dairy Science.* 92: 857-862.
156. **Hashim M. M.,** 2011. Ginger rhizome as a potential source of milk coagulating cysteine protease. *Phytochemistry.* 72: 458-464.
157. **Hattem H. E,** 2011. A study on the effect of thermal treatments on composition and some properties of camel milk. *Journal of Brewing and Distilling.* 2(4):51-55.
158. **Hegi G.,** 1975. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa* (éd. 2nd edn., Vol. III). Berlin, Paris.
159. **Hernier D., Morice A., Ferezou J., Riotto T., Fernart E. et Weil P.,** 2004. Influence de la flore d'apport des lipides de la graine de lin sur le métabolisme du cholestérol chez le hamster. *Oléagineux, corps gras, lipide.* 11 : 230-236.

160. **Hess J. S., Roberts R. F., Ziegler G. R.,** 1997, Rheological properties of nonfat yoghurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* producing exopolysaccharides or using commercial stabilizer systems. *Journal of Dairy Science*. 80: 252-263.
161. **Hussain I., Rahman A.U. and Atkinson N.,** 2009. Quality comparaison of probiotic and natural yogurt. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8 : 9-12
162. **Ibrahim A.H. and Khalifa M.,** 2015. The effects of various stabilizers on physiochemical properties of camel milk yoghurt. *Journal of American Science*. 11(1):15-24
163. **Ilhan A., Gurel A., Armutcu F., Kamisli S., Iraz M .,** 2005. Antiepileptogenic and antioxydant effects of *Nigella sativa* oil against pentylenetetrazole induced kinding in mice. *Neuropharmacology*. 49: 456-464.
164. **Imam Ibn Al-Qayyim.** Les bienfaits de la graine de nigelle. Site consulté le 18 février 2018, [www.lepetitherboriste.net/plantes/Les-bienfaits-de-la-graine-de-nigelle.pdf](http://www.lepetitherboriste.net/plantes/Les-bienfaits-de-la-graine-de-nigelle.pdf)
165. **International dairy federation,** 1997. Dairy starter cultures of lactic acid bacteria (LAB) standard of identity, IDF. Standard No 149 A. Brussels.
166. **Iserin P.,** 2001. *Linum usitatissimum* (Linacées) in Encyclopédie des plantes médicinales, identification, préparation, soin, 2<sup>ème</sup> édition Larousse, N.U.E.F. 111.
167. **Jardali-maatouk Z.,** 1994. Comparaison de la composition en caséines et de l'aptitude fromagère du lait de vache et du lait de dromadaire. *Thèse de doctorat présenté à l'INPL de Nancy, France*.
168. **Jhala J. A., Hall. M.L.,** 2010. Flax (*Linum usitatissimum* L.): Current Uses and Future Applications. *Australian J. Basic Applied Science*. 4: 4304-4312.
169. **Jolad S. D., Lantz R. C., Solyom A. M., Chen G. J., Bates R. B., Timmerman B. N.,** 2004. Fresh organically grown ginger (*Zingiber officinal*): composition and effects on LPS-induced PGE(2) production. *Phytochemistry*. 65:1937-1954.
170. **Jovanović S., Barac M., Macej O.,** 2005. Whey proteins properties and possibility of application. *Mljekarstvo*. 55(3): 215-233

171. **Kabli S.**, 2009. Effect of some bio-agents on growth and toxin production of *Aspergillus flavus* Link. *Journal Food Agriculture Environ.* 7 (1): 219-223.
172. **Kailasapathy K.**, 2006. Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yogurt. *Food science and technology.* 39(10): 1221-1227.
173. **Kamoun M.**, 1994. Évolution de la composition du lait de dromadaire Durant la lactation : conséquences technologiques. *Actes du colloque dromadaires et chameaux animaux laitiers Nouakchouh, Mauritanie.*
174. **Kamoun M.**, 1995. Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation In : Tisserand J.-L. Élevage et alimentation du dromadaire. Zaragoza: Ciheam, Options Méditerranéennes : Série B. Études et Recherches. 13, 81-103.
175. **Kappeler S., Farah Z. and Puhan Z.**, 1998. Sequence analysis of *camelus dromadarius* milk caseins. *Journal dairy Research.* 65: 206-222.
176. **Kappeler S., Manfred A., Farah Z. and Puhan Z.**, 1999. Sequence analysis of camel milk (*camelus dromadarius*) lactoferrin. *International Dairy Journal.* 481-486.
177. **Khaskheli M., Arain M. A., Chaudhry S., Soomro A. H., Qureshi T. A.**, 2005. Physico-chemical quality of camel milk. *Journal of Agriculture and Social Sciences.* 2: 164-166.
178. **Kherouatou N., Nasri M. and Attia H.**, 2003. A study of dromedary milk casein micelle and its changes during acidification. *Brazilian Journal Food Technology.* 2: 304-318.
179. **Kitts D. D., Yuany V., Wijewickreme A. N., Thompson L. U.**, 1999. Antioxidant activity of the flaxseed lignin secoisolariciresinol diglycoside and its mammalian lignin metabolites enterodiol and enterolactone. *Mol. Cell. Biochem.* 202: 91-100.

180. **Ko Y. T.**, 1989. Acid production by lactic acid bacteria in soy milk treated by microbial protease or papain and preparation of soy yogurt. *Kor. Journal Food Science Technology*. 21: 379-386.
181. **Koksoy A. and Kilic M.**, 2004. Use of hydrocolloid in structural stabilization in yoghurt drink, ayran. *Food Hydrocolloid*. 18: 593-600.
182. **Kolodziejczyk P., et Fedec P.**, 1995. Processing flaxseed for human consumption. In Cunance, S.C. and Thompson, L.U. Flaxseed in human nutrition, AOCS Press, champaign IL, 261-280.
183. **Konuspayeva G., Loiseau G., Faye B.**, 2004. La plus-value "santé" du lait de chamelle cru et fermenté : l'expérience du Kazakhstan. *Rencontre Recherches Ruminants*. 11 : 47-50.
184. **Konuspayeva G.**, 2007. Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* et hybrides) au Kazakhstan. *Thèse de doctorat en science des aliments. Université de Montpellier II, France*.
185. **Konuspayeva G., Faye B., and Loiseau G.**, 2009 a. The composition of camel milk: a meta-analysis of the literature data. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22: 95-101.
186. **Konuspayeva G., Lemarie E., Faye B., Loiseau G. and Montet D.**, 2009 b. Fatty acid and cholesterol composition of camel's (*camelus bactrianus*, *Camus dromedarius* and hybrid) milk in Kazakhstan. *Journal of Dairy Science and Technology*. 88: 327-340.
187. **Kozlowski, R.**, 2012. Handbook of Natural Fibres: Processing and Applications. Elsevier Science, England .329-366.
188. **Lachkham N.**, 2014. Utilisation de la médecine alternative au cours de la spondylarthrite. *Thèse, université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fes, Maroc*.
189. **Laine E., Hano C., Lamblin F.**, 2007. Les liganes phytoestrogènes du lin sont 'ils des bienfaiteurs méconnus? *Phytothérapie*. 5: 121-128.

190. **Laligant A., Famelart M.-H., Paquet D., Brulé G.,** 2003, Fermentation by lactic bacteria at two temperatures of pre-heated reconstituted milk: II-Dynamic approach of the gel construction. *Lait*. 83 (4) : 307-320.
191. **Lamblin F., Hano C., Flinaux O., Mesnard F., Flinaux H.A., Laine E.,** 2008. Interest of lignans in prevention and treatment of cancers. *Medical Science*. 24: 511-520.
192. **Latona B. F, Oyeleke G.O. and Olayiwola O.A.,** 2012. Chemical analysis of ginger root, *IOSR Journal of Applied Chemistry*. 1: 47-49.
193. **Lee W. J. and Lucey J. A.,** 2003. Rheological properties, whey separation and microstructure in set-style yogurt: effect of heating temperature and incubation temperature. *Journal Texture study*. 34: 515-536.
194. **Lee W. J. and Lucey J. A.,** 2006. Impact of gelation conditions and structural breakdown on the physical and sensory properties of stirred yogurts. *Journal of Dairy Science*. 89: 2374-2385.
195. **Lee W. J. and Lucey J. A.,** 2004. Structure and physical properties of yogurt gels: effect of inoculation rate and incubation temperature. *Journal of dairy Science*. 87: 3153-3164.
196. **Lee W.J. and Lucey J.A.,** 2010. Formation and physical properties of yoghurt. *Asian-Aust. J. Anim. Scien*. 23(9) : 1127-1136.
197. **Leksir C.,** 2012. Caractérisation et contrôle de la qualité de ferments lactiques utilisés dans l'industrie laitière Algérienne. *Mémoire de magistère, université de Constantine, Algérie*.
198. **Letort C.et Juillard V.,** 2001. Development of animal chemically-defined medium for exponential growth of *Streptococcus thermophilus*. *Journal of applied microbiology*. 91: 1027-1029
199. **Levine M. E., Gillis M. C., Koch S. Y., Voss A. C., Stern R. M., Koch K. L.,** 2008. Protein and ginger for treatment of chemotherapy induced delayed nausea. *J. Altern. Complement. Med*. 14(5): 545-551.

200. **Li Y., Tram V. H., Duke C. C., Roufogalis B. D.**, 2012. Gingérols of *Zingiber officinale* enhance glucose putative by increasing cell surface GLUT 4 in cultured L6 myotubes. *Planta. Med.* 78(14): 1549-1555.
201. **Lobato-Calleros C., Ramírez-Santiago C., Vernon-Carter E. J., Alvarez-Ramirez J.**, 2014. Impact of native and chemically modified starches addition as fat replacers in the viscoelasticity of reduced-fat stirred yogurt. *Journal of Food Engineering.* 131: 110–115.
202. **Loones A.**, 1994. Laits fermentés par les bactéries lactiques In De Roissart H. et Luquet F.M. Bactéries lactiques : aspects fondamentaux et technologiques, vol 2. Loriga, Uriage .135-154.
203. **Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L. and Randall R. J.**, 1951. Protein measurement with Folin phenol reagent. *Journal of Biochemistry.* 193: 265-275.
204. **Lucas A., I. Sodini C. Monnet, P. Jolivet and Corrieu G.**, 2004, Probiotic cell counts and acidification in fermented milks supplemented with milk protein hydrolysates, *International Dairy Journal.* 14 (1): 47-53.
205. **Lucey J. A.**, 2002. Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of dairy science.* 85: 281,294
206. **Lucey J. A.**, 2004. Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology.* 57 (2/3): 77-84
207. **Lucey J. A., Munro P. A. Singh H.**, 1999, Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. *International Dairy Journal.* 9 (3-6): 275-279.
208. **Lucey J. A., Singh H.**, 1998, Formation and physical properties of acid milk gels: a review, *Food Research International.* 30 (7): 529-542.
209. **Lucey J. A., Tamehana M., Singh H., Munro P. A.**, 2001. Effect of heat treatment on the physical properties of milk gels made with both rennet and acid. *International dairy journal.* 11 : 559-565.
210. **Mahaut M., Jeantet R., Brulé G. et Schuck P.**, 2000. Les produits industriels laitiers. Tech et Doc, Lavoisier, Paris.

211. **Mahmoudi Y.**, 1990. *Nigella* in la thérapeutique par les plantes les plus reconnues en Algérie. Palais du livre, Blida, Algérie. 117.
212. **Makinen-Kijunen S. and Palovsvo T.**, 1992. A sensitive enzyme linked immunosorbent assay for determination of bovine beta-lactoglobulin in infant feeding formula and human milk. *Allergy*. 47: 347-352.
213. **Mal G., Suchitra Sena D., Jain V. K., Singhvi N. M., Sahani M. S.**, 2000. Therapeutic utility of camel milk as nutritional supplement against multiple drug resistant (M.D.R.) patients. *Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming"*, 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan.99
214. **Mal G. and Panthak K. M. L.**, 2010. Camel milk and milk products. SMVS' Dairy Year Book. Rajendra Nagar, Ghaziabad, Uttar Pradesh, India. 97-103.
215. **Malcolmson L. J., Przybylski R., Daun J. K.**, 2000. Storage stability of milled flaxseed. *Journal of the American Oil chemists Society*. 77: 235-238.
216. **Manthey F.A., Lee R. E., Hall C. A.**, 2002. Processing and cooking effects on lipid content and stability of  $\alpha$ -linolenic acid in spaghetti containing ground flaxseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(6) : 1668–1671
217. **Mathieu J.**, 1998. Initiation à la physicochimie du lait. Tec. Doc. 1<sup>ière</sup> Ed, Lavoisier, Paris.
218. **Mazza G., OOmah B.D.**, 1995. Flaxseed dietary fiber and cyanogens. In Cunnane S.C., and Thompson L.U. Flaxseed in human nutrition. AOCS Press, Champaign, Il. 56-81.
219. **McCann T. H., Fabre F., Day L.**, 2011. Microstructure, rheology and storage stability of low-fat yoghurt structured by carrot cell wall particules. *Food research international*. 44: 884-890.
220. **Mehaia M. A.**, 1993. Fresh soft white cheese (Domiaty-type) from camel milk: Composition, yield and sensory evaluation. *Journal Dairy Science*. 76: 2845-2855.
221. **Mehaia M. A.**, 1995. The fat globule size distribution in camel goat ewe and cow milk. *Milchwissenschaft*. 50: 260-263.

222. **Mehaia M. A.**, 1994. Vitamin C and riboflavin content in camels milk: effects of heat treatments. *Food chemistry*. 50: 153-155.
223. **Merzouk Y.**, 2015. Optimisation des conditions de fermentation et de préservation du lait cru de chamelle par les bactéries lactiques adaptées aux conditions du stress. *Thèse, université Ahmed Ben Bila. Oran, Algérie*
224. **Michael O. A., Kennehk A., Anthony O., Moses O., Sunday T.**, 2014. Isolation and characterization studies of ginger (*Zingiber officinale*) root starch as a potential industrial biomaterial. *American journal of materials science*. 4(2): 97-102.
225. **Mohamed M. A.**, 1990. Characterization of casein and preliminary trial of cheese-making properties. *Sveriges Lantbruks universitet*, Uppsala, Sweden. 31.
226. **Monnet C., Latrille E., Béal C., Corrieu G.**, 2008, Croissance et propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques in Corrieu G. et Luquet F.M. Bactéries lactiques: de la génétique aux ferments, TEC et DOC Lavoisier, Paris, France. 511-611.
227. **Moreira M., Abraham A. and De Antoni G.**, 2000. Technological properties of milks fermented with thermophilic lactic acid bacteria at suboptimal temperature. *Journal of dairy science*. 83 (3): 395-400
228. **Morris D. H.**, 2003. Flaxseed: A health and nutrition primer. 3rd edition, Winnipeg: Flaxseed Council of Canada.11.
229. **Mortada M. S. and Omer I. A. H.**, 2013. Effect of fortifying camel's milk with skim milk powder on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of set yoghurt. *Advance journal of food science and technology*. 5(6): 765-770.
230. **Muhammad Sajjad Iqbal I., Qureshi A.S., Ghafoor A.**, 2010. Evaluation of *Nigella Sativa* L. for genetic variation and ex-situ conservation. *Pak. J. Bot.*, 42(4): 2489-2495.
231. **Mullineux G., Simmon M. J. H.**, 2008, Influence of rheological model on the processing of yoghurt. *Journal of Food Engineering*. 84: 250-257.

232. **Nafi A., Foo H. L., Jamilah B. and Ghazali H. M.**, 2014, Partial characterization of an enzymatic extract from Bentong Ginger (*Zingiber officinale*). *Molecules*. 19: 12336-12348.
233. **Nafi, A., Foo H. L., Jamilah B. and Ghazali H.M.**, 2013, Properties of proteolytic enzyme from ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). *International Food Research Journal*. 20: 363-368.
234. **Najgebauer-Lejkó D., Sady M., Grega T., Faber B., Domagala J., Machaczka B.**, 2007. Effect of addition of starches of different botanical origin on the texture and rheological properties of set-style yoghurts. *Biotechnology in animal husbandry*. 23(5-6): 95-102.
235. **Nantaporn.S., Boopha J., Supitchaya C. and Pitaya A.**, 2010. Effect of sodium ascorbate and drying temperature on active protease of dried ginger. *Asian Journal Food and Agro-industry*. 3(01): 52-58
236. **Navarette S. et Saussays C.**, 2011. Les interactions entre plantes et médicaments. *Thèse, université Joseph Fourier, Grenoble., France*.
237. **Nesbitt P. D. and Thompson L.U.**, 1999. Human metabolism of mammalian lignan precursors in raw and processed flaxseed. *Am. J. C. Nutri*. 69: 549-555.
238. **Nesbitt P.D. and Thompson L.U.**, 1997. Lignans in homemade commercial products containing flaxseed. *Nutrition and cancer*. 29: 222-229
239. **Nikbakht, M.**, 2011. Comparing the analgesic effects of topical *Zingiber officinale* and diclofenac ointment. *European Journal of Pharmacology*. 627-668
240. **Norme Française 04-206 Janvier 1969**. Lait, détermination de l'acidité Dornic.
241. **Norme Française V 04-213 Janvier 1971**. Lait, détermination de la teneur en lactose.
242. **Nyabyenda P.**, 2006. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : cultures industrielles et d'exportation, cultures fruitières, cultures maraichères. *Press agronomiques de Gembloux*. Wageningen. Pays-Bas. 241.

- 
243. **Ochirkhuyag B., Chobert J. M., Dagalarrondo M., Choiset Y. and Haertle T.,** 1997. Characterization of caseins from Mongolian yak, khainak and bacterian camel. *Lait*. 77: 601-613.
244. **Oh H. E., Wong M., Pinder D. N., Hemar Y., Anema S. G.,** 2007. Effect of pH adjustment at heating on the rheological properties of acid skim milk with added potato starch. *International dairy journal*. 17: 1384-1392
245. **Oliveira M. N, Sodini I., Remeuf F., Tissier J. P., Corrieu G.,** 2002. Manufacture of fermented lactic beverages containing probiotic cultures. *Journal of food science*. 67(6): 2336-2341.
246. **Oliveira M. N., Sodini I, Remeuf F and Corrieu G.,** 2001. Effect of milk supplementation and culture composition on acidification, textural properties and microbiological stability of fermented milks containing probiotic bacteria. *International Dairy Journal*. 11: 935–942
247. **Oliveira R. P. S., Florence A. C. , Silva R. C., Perego P., Converti A., Gioielli L.A., Oliveira M. N.,** 2009. Effect of different prebiotics on the fermentation kinetics, probiotic survival and fatty acids profiles in nonfat symbiotic fermented milk. *International Journal of Food Microbiology*. 128: 467–472
248. **Olsen S.,** 2003, Microstructure and rheological properties of yoghurt, fermented milk. *International dairy federation*. 301, 302-312.
249. **Omar R. H. and Eltinary A.H.,** 2009. Changes in chemical composition of camel's raw milk during storage. *Pakistan journal of nutrition*. 8: 607-610
250. **Oomah B.,** 2003. Processing of flaxseed fiber oil, protein and lignin, in Thompson, L. Cunnane S. *Flaxseed in human nutritional* 2<sup>nd</sup>. Edn, Champaign Illinois, 363-368.
251. **Oomah B. D., Kenaschuk E. O, Cui W., Mazza G.,** 1995. Variation in the composition of water soluble polysaccharides in flaxseed. *Journal.Agriculture Food chemistry*. 43: 1484-1488.

- 
252. **Ott A., Faye L. B. et Chaintreau A.**, 1997. Determination and origin of aroma impact compounds of yoghurt flavor. *Journal of agricultural and Food chemistry*. 45: 850-858.
253. **Oulad Belkhir A., Chehma A. and Faye B.**, 2013. Phenotypic variability of two principal Algerian camel's population (Targui and Sahraoui). *Emir j. Food. Agric.* 25(3): 231-237.
254. **Ozgoli G., Goli M., Simbar M.**, 2009. Effects of ginger capsules on pregnancy nausea and vomiting. *J.Altern. Complement Med.* 15(3) : 243-246.
255. **Paci Kora E.**, 2004. Interaction physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur. *Thèse de doctorat de l'institut national agronomique de Paris-Grignon, science des aliments.* 237-250.
256. **Parnell-Clunies E. M., Kakuda Y., Mullen K., Arnott D. R., De man J. M.**, 1986. Physical properties of yogurt-a comparaison of vat versus continuous heating systems of milk. *Journal Dairy Science.* 69: 2593-2603.
257. **Passephol T. et Sherkat F.**, 2013. Probiotic stability of yoghurt containing jerusalem artichoke inulins during refrigerated storage. *Journal of Functional Food.* 1: 311-318
258. **Patoka G., Cervenkova R., Narine S., Jelen P.**, 2006. Rheological behavior of dairy products as affected by soluble whey protein isolate. *International Dairy Journal.* 16: 399-405.
259. **Peng Y., Serra M., horne D.S., Lucey J.A.**, 2009. Effect of fortification with various types of milk proteins on the rheological properties and permeability of nonfat set yogurt. *Journal of Food Science.* 74(9): 666-673.
260. **Penna, A.L.B., Converti A. and Oliveira M.N.**, 2006. Simultaneous effects of total solids content, milk base, heat treatment temperature and sample temperature on the rheological properties of plain stirred yogurt. *Food Technology Biotechnology.* 44 (4): 515-518.

- 
261. **Pereira M. A., Roilly E. O., Augustsson K., Fraser G. E., Goldbourt U.,** 2004. Dietary fiber and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies. *Arch. Intern. Med.* 164: 370-376.
262. **Perez, P.F. and De Antoni, G. L.** 1991. Formate production by *Streptococcus thermophilus* cultures. *Journal Dairy Science.* 74 (9) : 2850-2854
263. **Perotto C.,** 2013. L'utilisation des plantes et de leurs principes actifs dans le traitement de la douleur à travers le monde. *Thèse, université de Limoges. France.*
264. **Pihlanto A., Johansson T., Mäkinen S.,** 2012. Inhibition of angiotensin I-converting enzyme and lipid peroxidation by fermented rapeseed and flaxseed meal. *Engineering in life sciences.* 12 (4): 450–456.
265. **Pillai A. K., Sharma K. K., Gupta Y. K., Bakhshi S.,** 2011. Antiemetic effect of ginger powder versus placebo as an add-on therapy in children and young adults receiving high emetogenic chemotherapy. *Pediatr blood cancer.* 56(2): 234-238.
266. **Plant Biosafety Office,** 1994. The biology of *Linum Usitatissimum L.* (Flax). *Canadian Food Inspection Agency.* 10: 1-10.
267. **Plonka F., and Anselme C. L.,** 1956. Les variétés de lin et leurs principales maladies cryptogamiques. *Institut National de la Recherche Agronomique. Versailles, Paris.* 190.
268. **Pohjanheimo T. A., Hakala M. A., Tahvonon R. L., Salminen S. J., Kallio H. P.,** 2006. Flaxseed in breadmaking: effects on sensory quality, aging, and composition of bakery products. *Journal of Food Science.* 71(4): 343–348.
269. **Pradhan R. C., Meda V., Rout P. K., Naik S., Dalai K.,** 2010. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of fatty oil from flaxseed and comparison with screw press expression and solvent extraction process. *Journal of Food Engineering.* 98 (4): 393-397.
270. **Prasad K.,** 2000. Antioxidant activity of secoisolariciresinol diglucoside- derived metabolites, secoisolariciresinol, enterodiol and enterolactone. *International Journal of Angiology.* 9: 220-225.

271. **Pruthi S., Qin R., Terstreip S. A., Liu H., Loprinzi C. L., Shah T. R.,** 2012. A phase III, randomized, placebo controlled, double-blind trial of flaxseed for the treatment of hot flashes: North Central Cancer Treatment Group N08C7. *Menopause*.19 (1):48-53.
272. **Przybylski R, Daun, J.K .,** 2001. Additional data on the storage stability of milled flaxseed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 78(1): 105–106.
273. **Puvanenthiran A., Williams R.P.W., Augustin M.A.,** 2002, Structure and viscoelastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios, *International Dairy Journal*. 12 (4): 383-391.
274. **Puzyrevskaya O.M., Saubenova M.G., Baizhomartova M.G., Baimenov E.K.,** 2000. Microbiological and biochemical characterization of shubat. *Proceeding 2<sup>nd</sup> Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming", 8 – 12 september, Almaty., Kazakhstan*. 98.
275. **Rajiv 1. D. and Nagendra P. S.,** 1997. Viability of Probiotic Bacteria in Yoghurts Made with Commercial Starter Cultures. *International Dairy Journal*. 7: 31-41.
276. **Ramchandran L. and Shah N. P.,** 2009, Effect of exopolysaccharides and inulin on the proteolytic, angiotensin-I-converting enzyme and alpha-glucosidase-inhibitory activities as well as on textural and rheological properties of low-fat yogurt during refrigerated storage. *Dairy Science and Technology*. 89 (6): 583-600.
277. **Ramet J. P.,** 1990. Processing of dairy production from camel milk. *Mission report F.A.O.* 1-44.
278. **Ramet J. P.,** 1994. Les aspects scientifiques et technologiques particuliers de la fabrication de fromage au lait de dromadaire. *Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie*.
279. **Ramet J. P.,** 2003. Aptitude à la conservation et à la transformation fromagère du lait de chamelle. *Actes de l'atelier international sur \*lait de chamelle pour l'Afrique du 5-8 novembre, Niamey, Niger*.

280. **Rejesh J., Murthy K., Kumar M., Madhusudhan B., Ravishankar G.,** 2006. Antioxidant potentials of flaxseed in vivo model. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 54: 3794-3799.
281. **Rhandhawa M. A. and Al-Ghamdi M. S.,** 2002. A review of the pharmacotherapeutic effects of *Nigella sativa*. *Pakistan journal of medical research*. 41(2): 1-10.
282. **Riazi A. and Ziar H.,** 2008. Growth and viability of yogurt starter organisms in honey-sweetened skimmed milk. *African journal of Biotechnology*. 7: 2055-2063.
283. **Rong X., Peng G., Suzaki T., Yang Q., Yamahara J-Li-Y.,** 2009. A 35 days gavage safety assessment of ginger in rats. *Regular toxicol. pharmacol.* 54(2): 118-123.
284. **Rubilar M.,** 2010. Flaxseed as a source of functional ingredients. *Journal of soil science plant nutrition*. 10(3): 373-377.
285. **Ruegg M. W. and Farah Z.,** 1991. Melting curves of camel milk fat. *Milchwissenschaft*. 46: 361-362.
286. **Saghir Akhtar A., Asghar F., Nafees M., Tayyab M.,** 2012 . Effect of *Nigella Sativa* (Kalonji) on serum lipid profile. *Annals*. 18(2), 224-228.
287. **Sahan N., Yasar K., and Hayaloglu A. A.,** 2008. Physical, chemical and flavor quality of nonfat yogurt as affected by a  $\beta$ -glucan hydro colloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*. 22: 1291–1297.
288. **Saitmuratova O. K., Sulaimanova G. I. and Sadykov A. A.,** 2001. Camel's milk and shubat from the rural region. *Chemistry of natural compounds*. 37(6): 566-658.
289. **Salem M.,** 2005. Immunomodulatory and therapeutic properties of *Nigella sativa* L. seed. *Int. Immunopharmacol.* (5): 1749-1770
290. **Sandeep G., Anupana A., Singh G.,** 2015. Medicinal and therapeutical potential of *Nigella sativa*. *Journal of biomedical and pharmaceutical research*. 4(1): 72-78.

291. **Sandhu K. S. and Rana A. C.**, 2013. A review of plant *Nigella sativa*: a brief consideration of its pharmacognostic characters, chemical constituents, and therapeutic benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*. 4: 323-343
292. **Saubenova M. G., Puzyrevskaya O. M., Nikitina E. T., Baïzhomartova M. M.**, 2002. Les perspectives d'amélioration de qualité et propriété médicinal-thérapeutique de shubat. *Série de biologie*. 1 (16) : 23-27.
293. **Schleicher P., Saleh M.**, 1998. Black seed cumin: the magical Egyptian herb for allergies, asthma and immune disorders. Healing arts press, Rochester, Vermont. 90.
294. **Schmidt K. A., Herald T. J., Khatib K. A.**, 2001. Modified wheat starches used as stabilizers in set-style yogurt. *Journal of food quality*. 24(5): 421-434.
295. **Schwertmer H. A., Rios D. C.**, 2007. High-performance liquid chromatographic analysis of 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol and 6-shogaol in ginger containing dietary supplements, spices, teas and beverages. *Journal Chromatography*. 856: 41-47.
296. **Shabo Y., Barzel R., Margoulis M., Yagil R.**, 2005. Camel milk for food allergies in children. *Immunology and allergies*. 7: 796-798.
297. **Shafiee G., Mortazavian A. M., Mohammadifar A. A., Mohammadi A., Mohammadi R.**, 2010. Combined effects of dry matter content, incubation temperature and final pH of fermentation on biochemical and microbiological characteristics of probiotic fermented milk. *African journal of microbiology research*. 4(2): 1265-1274.
298. **Shori A. B. and Baba A. S.**, 2012. Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum* bio-yoghurts made from camel and cow milk. *Journal. Assoc. arab univ. basic applied sci*. 11: 50-55.
299. **Shori A. B. et Baba Ahmad S.**, 2013 a. Effects of inclusion of *Allium sativum* and *Cinnamomum verum* in milk on the growth and activity of lactic acid bacteria during yogurt fermentation. *American-Eurasian journal agric. and environ. sci.*.13(11): 1448-1457.

300. **Shori A. B.**, 2013 b. Nutritional and therapeutically values of chickpea water extract enriched yogurt made from cow and camel milk. *American journal of drug discovery and development*. 1-13
301. **Shuip E., Giambra M., El-Zubeir I. Erhardt G.**, 2013. Biochemical and molecular characterization of polymorphisms as casein in Sudanese camel (*camelus dromedarius*) milk. *Inter dairy Journal*. 28: 88-93.
302. **Shukla Y., Singh M.**, 2007. Cancer preventive properties of ginger: a brief review. *Food chem. Toxicology*. 45 : 683-690.
303. **Siboukeur O.**, 2007. Étude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques, aptitudes à la coagulation. *Thèse, Université Kasdi Merbah, Ourgla, Algérie*.
304. **Sijelmassi A.**, 1993. Les plantes médicinales du Maroc. 3<sup>ème</sup> édition France, Casablanca. 285.
305. **Simoneliene A., Treciokiene E., Lukosiunaite G., Vysniauskas G. and Kasparaviciute E.**, 2014. Rheology, technological and sensory characteristics of fortified drink products with fibers. *Foodbalt*. 294-297
306. **Singh G., Kapoor I. P. S., Singh P., Heluani C. S., De Lampasona M. P., Catalan C. A. N.**, 2008. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. *Food chemistry toxicology*. 46: 32-95.
307. **Sodini I. and Beal C.**, 2003. Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Technique de l'ingénieur*. F6315, 16.
308. **Sodini I., Remeuf F., Haddad S., Corrieu G.**, 2004, The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt Texture: A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 44 (2): 113–137.
309. **Sodini I., Lucas A., Tissier J. P., Corrieu G.**, 2005. Physical properties and microstructure of yoghurts supplemented with protein hydrolysates. *International dairy journal*. 15: 29-35.

310. **Stahl T., Sallmann H. P., Duehlmeier R., Wernery U.,** 2006. Selected vitamins and fatty acid patterns in dromedary milk and colostrums. *Journal of Camel Practice and Research*. 13: 53-57.
311. **Stoilova I., Krastanov A., Stoyanova A., Denev P., Gargov S.,** 2007. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber Officinale*). *Food chemistry*. 102(3): 764-770.
312. **Sultan M. T., Buti M. S., Anjum F. M., Jamil A., Akhtar S., Nasir M.,** 2009. Nutritional profile of indigenous cultivar of black cumin seeds and antioxidant potential of its fixed and essential oil. *Pakistan Journal. Biotechnology*. 41(3): 1321-1330.
313. **Supavititpatana, P., Wirjantoro T. I. and Raviyan P.,** 2010. Characteristics and shelf-life of corn milk yogurt. *J. Nat. Sci.* 9: 133-150.
314. **Supavititpatana. P and T. Kongbangkerd,** 2011. The effect of partial replacement of non-fat dry milk sodium caseinate on qualities of yoghurt ice cream from coconut milk. *International Food Research Journal*. 18: 439-443.
315. **Suresh Kumar Tiruppur V., Hajimalang P., Soundan D., Udaya Sankar k.,** 2010. Chemical composition of *Nigella sativa L.* seed extracts obtained by supercritical carbon dioxide. *Journal food science technology*. 47(6): 598-605.
316. **Talon R., Walter D., Viallon C., Berdagué J. L.,** 2002. Prediction of *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* populations in yoghurt by Curie point pyrolysis-mass spectrometry. *Journal of microbiological methods*. 48: 271-279.
317. **Tamine A.Y., Robinson R. K.,** 1999, Yoghurt: Science and Technology. Second edition, Woodhead Publishing Limited CRC Press LLC, Cambridge, England, 619.
318. **Tenekoon K., Jeevathayaparam S., Kurukulasooria A., Karunanayatte E.,** 1991. Possible hepatotoxicity of *Nigella sativa* seeds and *Dregea volubilis* leaves. *J Ethnopharmacol*. 31: 283-289.

319. **Toma C., Szabadal Z., Hanganu D., Olah N., Popesur H.,** 2004. Research on *Nigella sativa L (Ranunculaceae)* mucilage. *Original article.* 281-283
320. **Trachoo N.,** 2002. Yogurt, the fermented milk. *Journal of science and technology.* 24: 727-737.
321. **Trigueros L., Pérez-Alvarez J.A., Viuda-Martos M., and Sendra E.,** 2011. Production of low-fat yogurt with quince (*Cydonia oblonga mill*) scalding water. *LWT-Food Science and Technology.* 44: 1388-1395
322. **Urazakov N.U., Bainazarov S.H.,** 1974. The first clinic in history for the treatment of pulmonary tuberculosis with camel's sour milk. *Probl. Tuberk.* 2: 89-90
323. **Vaisey-Genser M. A., Morris D.,** 2003. Introduction: History of the cultivation and uses of flaxseed. In Muir, A. D., Wescott, N. D. Flax, The genus *Linum*. Eds CRC Press, Londres. 34, 1-2.
324. **Van Vliet T., van Dijk H. J. M., Zoon P., Walstra P.,** 1991. Relation between syneresis and rheological properties of particle gels. *Colloid and Polymer Science.* 269 (6): 620-627.
325. **Vasbinder A. J. and De Kruif G. C.,** 2003. Casein-whey protein interactions in heated milk: the influence of pH. *International Dairy Journal.* 16(8) : 667-669.
326. **Ven B. and Mann J.,** 2004. Cereal grains, legumes and diabetes. *Eur J. Clin. Nutri.* 58(11) : 1443-1461.
327. **Via-Franck S.G., Borfoh B., Garba M., Ilo I., Kamil H. et Faye B.,** 2003. Valorisation du lait de chamelle du Sahel : opération fromage camelins dans le tadsit Niger et à Tombouctou (Mali). *Actes de l'atelier international sur lait de chamelle pour l'Afrique. 5-8 novembre, Niamey, Niger.*
328. **Walstra P.,** 1998. Relation between structure and texture of cultured milk products. *International Dairy Federation.* Brussels. 9-15
329. **Walstra P., Geurts T. J., Noomen A., Jellema A. et Van Boekel M. A. J. S.,** 1999. Principals of milk properties and process. *Dairy Technology.* 533-535.

- 
330. **Walstra P, Wouters J. T. M., Geurts T. J.,** 2006, Milk Components, in Dairy Science and Technology, CRC Taylor & Francis Group, Florida, USA. 63-83.
331. **Warrand P. Michaud, L. Picton G. Muller B. Courtois R. Ralainirina S. and Courtois J.,** 2005. Contributions of Intermolecular Interactions between Constitutive Arabinoxylans to the flaxseeds mucilage properties. *Biomacromolecules*. 6: 1871-1876.
332. **Warrand J., Michaud P., Picton L., Muller G., Courtois B., Ralainirina R., Courtois J.,** 2003. Large scale purification of water soluble polysaccharides from flaxseed mucilage and isolation of a new anionic polymer. *Chromatographia*. 58: 331-335.
333. **Wasinee, P., Amnat J., Pairoj L. and Thanut A.,** 2009. Production of fermented milk high in activity of angiotensin converting enzyme inhibition by extending fermentation time and protease addition. *As .j. food and agro-industry*. 2(04): 167-174.
334. **Weill P., and Mairesse G.,** 2010. Le lin, son huile, sa graine et notre santé. *Phototherapy*. 8: 84-88.
335. **Werner C., Merz B.,** 2006. Assessment report on *Linum usitatissimum L.* semen. *European Medicines Agency*. 1-16.
336. **Wernery U., Johnson B. and Tawfig ismail W.,** 2003. The effect of heat treatment on some camel milk constituents. Preliminary report. *Milchwissenschaft*. 58(5/6): 277-279.
337. **Wernery U., Johnson B. et Tawfig ismail W.,** 2006. Insulin content in raw dromedary milk and serum measured over one lactation period. *Journal of camel Pra and Res*. 13(2): 89-90.
338. **Wichtl M. and Anton R.,** 2003. Plantes thérapeutiques, tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. 2<sup>ème</sup> édition, Technique et Documentation, *Médicales Internationales*. 636.

339. **Williams R. P. W., Glagovskaia O., Augustin M. A.,** 2003, Properties of stirred yogurts with added starch: effects of alterations in fermentation conditions. *Australian Journal of Dairy Technology*. 58: 228-232.
340. **Wilson R., Haniadka R., Sandhya P., Palatty P. L., Baliga M. S.,** 2013. Ginger (*Zingiber Officinale Roscoe*) the dietary agent in skin care: A review. In Watson R.R. and Zibadi S. Bioactive dietary factors and plant extracts in dermatology nutrition and health. Humana Press, Totowa, NJ. New York. 103-111.
341. **Windsor J. B., Symonds V. V., Mendenhall J. and Liyd A. T.,** 2000. Arabidopsis seed coat development morphological differentiation of the outer integument. *The Plant Journal*. 22: 483, 493.
342. **Wongoh J., Farah Z. and Puhan Z.,** 1993. Extraction of camel rennet and its comparison with calf rennet extract. *Milchwissenschaft*. 48: 322-325.
343. **Wongoh J., Farah Z. and Puhan Z.,** 1998. Composition of milk from 3 camel's (*camelus dromadarius*) breeds in Kenya during lactation. *Milchwissenschaft*. 53: 136-139.
344. **Wu S., Li S. J., Bhandari B., Yang D., Chen X. D., Yao Z.,** 2009. Effects of incubation temperature, starter culture level and total solids content on the rheological properties of yogurt. *International journal of food engineering*. 5(2): 1-17
345. **Yagil R., Van Creveld C.,** 2000. Medicinal use of camel milk – fact or fancy ? *Proceeding 2nd Int. Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming", Almaty, Kazakhstan*. 100
346. **Yagil R.,**1982. Camels and camel milk. *Invited publication from FAO*. 26-69
347. **Youn Young S., Bo Cui, Paul G., Arnison, Yong Wang and Martin J.,** 2014. Flaxseed (*Linum usitatissimum L.*) bioactive compounds and peptide nomenclature a review. *Trends in Food Science and Technology*. 38: 5-20.
348. **Yusuf Tuncturk T.,** 2009. Influence of starter culture strains, pH adjustment and incubation temperature on exopolysaccharide production and viscosity in whey. *African Journal of Biotechnology*. 8(17): 4222-4228.

349. **Zahoor A., Ghafour, A., Aslam M.**, 2004. *Nigella sativa*: A potential commodity in crop diversification traditionally used in healthcare. In introduction of medicinal herbs and spices as crops. Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Pakistan, 5–31.
350. **Zaoui A., Cherrah Y., Lacaille-Dubois M. A., Settaf A., Amarouch H., Hassar M.**, 2000. Diuretic and hypotensive effects of *Nigella sativa* in the spontaneously hypertensive rat. *Thérapie*. 55 (3) : 379-382.
351. **Zare E., Boye J. I., Champagne C. P., Orsat V.**, 2013. Probiotic milk supplementation with pea flour: microbial and physical properties. *Food bioprocess technol.* 6: 1321-1331.
352. **Zhao Q. Z., Wang J. S., Zhao M. M., Jiang Y. M. and Chun C.**, 2006. Effect of casein hydrolysates on yogurt fermentation and texture properties during storage. *Food Technology and Biotechnology*. 44(3):429



# Annexes

## Annexe N°1: Dosage des protéines par la méthode de Lowry et *al.*, (1951).

### Réactifs :

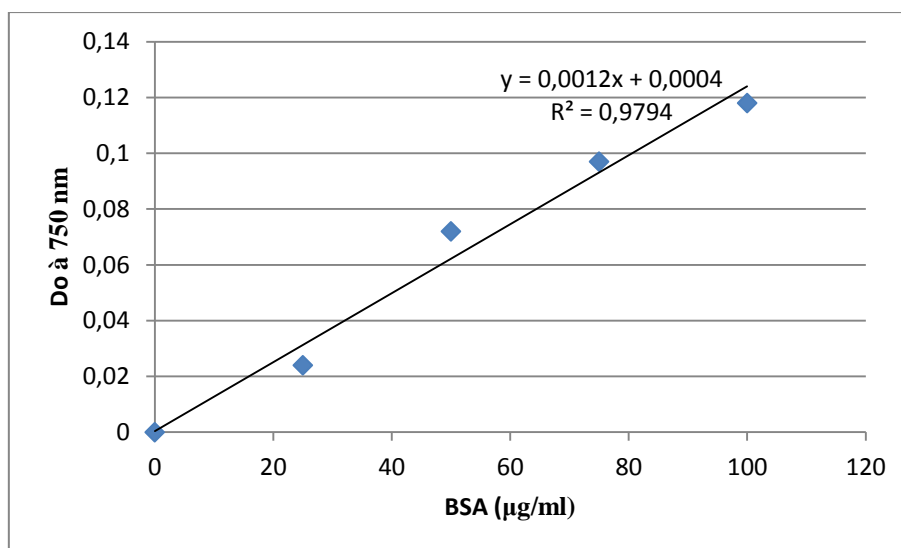
Solution alcaline (A)	Solution cuivrique (B)	Solution (C)
500 ml de soude 0,1 N (02 g / 500 ml )	02 ml de sulfate de cuivre (0,32 g /100ml)	50 ml de la solution (A ) +
+ 10 g carbonate de sodium anhydre	+ 02 ml de tartrate de sodium et potassium (01g/100ml)	01 ml de la solution ( B )

### Mode opératoire

- Prendre 01 ml d'échantillon
- Ajouter 05 ml de solution (C)
- Laisser 10 min à température ambiante
- Ajouter 0,5 ml de réactif de folin-ciocalteu
- Laisser 30 min à l'obscurité

Lire la Do à 750 nm à l'aide d'un Spectrophotomètre UV visible

**Courbe d'étalonnage :** On utilisant la BSA comme protéine de référence pour tracer la courbe d'étalonnage  $Do = F (C)$



---

## **Annexe N°2 : Dosage des protéines par la méthode de Kjeldahl (AFNOR, 1993).**

### **La minéralisation :**

Dans un matras, on introduit 1 mL de lait pesés à 1 mg près, au quel on ajoute un catalyseur composé de 2,4 g de  $K_2SO_4$  et 200  $\mu$ l d'une solution à 0,05g/mL de  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , quatre billes de verre et 15 ml d'acide sulfurique à 95-96% de pureté. Après avoir homogénéisé le contenu des matras, on les places sur le minéralisateur.

Le chauffage est augmenté doucement et en plusieurs étapes pour une minéralisation totale. Le programme est le suivant : 35 minutes à 160 °C, 30 minutes à 220°C, 35 minutes à 300°C puis 60 minutes à 369°C. La minéralisation dure environ 4 h, le minéralisât doit être limpide et exempt de matière non digéré.

NB : le blanc doit être fait dans les mêmes conditions que les échantillons à analyser.

### **La distillation :**

Après le refroidissement des matras, on les déplace sur le support du distillateur. L'appareil ajoute automatiquement 40 ml d'eau distillée et 60 ml de soude à 40%. À la sortie du réfrigérant, on place un Erlen Meyer de 250 ml contient 10 ml d'acide borique (4%) et quelques gouttes de rouge de méthyle. La distillation dure environ 4 minutes (durée nécessaire pour obtenir environ 150 ml de distillat).

En fin de distillation, on retire l'Erlen Meyer et on titre le distillat ainsi obtenu.

### **La titration :**

L'ammoniaque piégée par l'acide borique contenue dans l'Erlen Meyer est titrée par l'acide sulfurique 0,1 N en présence d'un indicateur colorée. L'acide sulfurique est ajouté à la burette jusqu'au virage du distillat du bleu au rose, le volume versé est relevé.

La solution d'indicateur coloré est préparée en dissolvant 0,2 g de rouge de méthyle dans 100 mL d'éthanol à 95% et 1 g de vert de bromocrésol dans 500 mL d'éthanol à 95 %. Les deux solutions sont ensuite combinées dans les proportions 1 : 1.

**Calculs :** La teneur en azote est obtenue comme suit:  $\%N : \frac{(T-B) \times N \times 0,28014 \times 100}{W}$

W

T : le volume d'acide sulfurique 0,1 N ajouté lors de la titration du blanc.

B : le volume d'acide sulfurique 0,1 N ajouté lors de la titration de l'échantillon.

N : normalité de l'acide sulfurique.

W : la prise d'essai en milligrammes.

**Annexe N° 3 : dosage du lactose par la méthode de Bertrand (N.F. V 04-213 Janvier 1971).**

**Préparation des réactifs.**

L'eau utilisée doit être de l'eau distillée ou de pureté au moins équivalente.

1. Solution aqueuse d'hexacyanoferrate (II) de potassium

-K<sub>4</sub>Fe (CN)<sub>6</sub> · 3 H<sub>2</sub>O 15 g

-Eau distillée 100 mL

2. Solution aqueuse d'acétate de zinc

-Zn (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> · 2 H<sub>2</sub>O 30 g

- Eau distillée 100 mL

3. Solution cuivrique

-CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O 40 g

-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ρ<sub>20</sub> = 1,83 g/mL 2 mL

-eau distillée 1000 mL

4. Solution tartro-alkaline

-Na K (H<sub>4</sub>C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>), 4 H<sub>2</sub>O 200 g

-NaOH 150 g

-eau distillée 1000 mL

5. Solution ferrique

-Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 50 g

-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ρ 20 = 1,83 g/mL 200 g

-eau distillée 1000 mL

Avant emploi oxyder exactement, s'il y a lieu, par addition d'une solution de permanganate de potassium 0,1 N, la petite quantité de sel ferreux éventuellement présente dans cette solution de sel ferrique.

6. Solution titrée de permanganate de potassium 0,1 N. 1 mL de cette solution correspond à 6,35 mg de cuivre.

Dans une fiole jaugée de 200 mL, on introduit successivement 20 mL de lait, 2 ml de solution d'hexacyanoferrate (II) de potassium (1) et 2 ml de solution d'acétate de zinc (2). On complète au trait de jaugé avec de l'eau distillée tout en mélangeant puis on ajoute à la pipette 2 ml d'eau distillée (pour tenir compte du volume du précipité). On le laisse reposer 10 à 15 minutes et on filtre dans une fiole conique.

Dans cette dernière, on introduit 10 ml du filtrat obtenu après défécation, 10 ml d'eau distillée, 20 ml de solution cuivrique (3) et 20 ml de solution tartro-alkaline (4) puis on porte le mélange à ébullition modérée et on le maintient pendant exactement 3 minutes ensuite on refroidit immédiatement le contenu de la fiole sous un courant d'eau froide et on laisse déposer le précipité d'oxyde cuivreux formé. Le liquide surnageant doit demeurer de couleur bleue.

Après cela on verse le liquide surnageant sur un filtre en amiante ou en verre fritté en activant la filtration par aspiration. Il faut éviter d'entraîner le précipité avec le filtrat et de le laisser au contact de l'air. On lave trois fois ce précipité d'oxyde cuivreux avec 20 mL d'eau distillée bouillie froide et on le laisse décanter puis on filtre à chaque fois le liquide.

Ce filtrat est rejeté et on dissout ensuite le précipité par une quantité suffisante de solution ferrique (5) (20 à 30 mL) puis on filtre la solution obtenue sur le même filtre en ayant soin de dissoudre complètement tout le précipité et de recueillir le filtrat dans une fiole conique propre.

On rince la fiole et le filtre avec trois fois 20 mL d'eau distillée bouillie froide puis on ajoute une goutte d'orthophénantroline ferreuse (7) puis on titre par une solution de

permanganate de potassium (6). Le virage est obtenu lorsque la couleur passe du brun orangé au vert foncé. Soit V le nombre de millilitres de solution (6) nécessaires.

La teneur en lactose, exprimée en grammes de lactose hydraté par litre de lait est lue sur le tableau A en fonction du volume V de solution de permanganate de potassium nécessaire.

**Tableau A.** Tableau de correspondance entre la quantité de lactose hydraté exprimée en milligrammes, et le volume de la solution de permanganate de potassium 0,1 N.

KMn04 0,1N	Lactose hydraté	KMn04 0,1N	Lactose hydraté	KMn04 0,1N	Lactose hydraté
5,0	23,8	8,9	43,0	12,8	63,1
5,1	24,1	9,0	43,5	12,9	63,6
5,2	24,6	9,1	44,0	13,0	64,1
5,3	25,1	9,2	44,5	13,1	64,7
5,4	25,6	9,3	45,0	13,2	65,2
5,5	26,1	9,4	45,5	13,3	65,7
5,6	26,6	9,5	46,0	13,4	66,2
5,7	27,1	9,6	46,5	13,5	66,8
5,8	27,6	9,7	47,1	13,6	67,3
5,9	28,0	9,8	47,6	13,7	67,8
6,0	28,5	9,9	48,1	13,8	68,4
6,1	29,0	10,0	48,6	13,9	68,9
6,2	29,5	10,1	49,1	14,0	69,4
6,3	30,0	10,2	49,6	14,1	69,9
6,4	30,5	10,3	50,1	14,2	70,5
6,5	31,0	10,4	50,6	14,3	71,0
6,6	31,5	10,5	51,2	14,4	71,5
6,7	32,0	10,6	51,7	14,5	72,0
6,8	32,5	10,7	52,2	14,6	72,6
6,9	33,0	10,8	52,7	14,7	73,1
7,0	33,5	10,9	53,2	14,8	73,6
7,1	34,0	11,0	53,7	14,9	74,1
7,2	34,5	11,1	54,2	15,0	74,7
7,3	35,0	11,2		54,8	
7,4	35,5	11,3		55,3	
7,5	36,0	11,4		55,8	
7,6	36,5	11,5		56,3	
7,7	37,0	11,6		56,8	
7,8	37,5	11,7		57,4	
7,9	38,0	11,8		57,9	
8,0	38,5	11,9		58,4	

#### **Annexe N°4 : Composition du milieu MRS ( Pronadisa Conda, SA, Spain)**

- Peptone : 10,00 g/l
- Extrait de viande : 10,00 g/l
- Extrait de levure : 5,00 g /l
- Glucose : 20,00 g /l
- Tween 80 : 1 ml/l
- Phosphate dipotassique : 2,00 g /l
- Acétate de sodium : 5,00 g/l
- Citrate d'ammonium : 2,00 g/l
- Sulfate de magnésium : 0,20 g/l
- Sulfate de manganèse : 0,05 g/l
- Agar agar bactériologique : 15,00 g/l
- pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 6,2

#### **Annexe N°5 : Composition du milieu M17**

- Tryptone : 2,5 g
- Peptone de soja : 5,0 g
- Peptone de viande : 2,5 g
- Extrait de viande : 5,0 g
- Extrait de levure : 2,5 g
- Béta-Glycérophosphate de sodium : 19,0 g
- Sulfate de magnésium : 0,25 g
- Lactose : 5,0 g

-Acide ascorbique : 0,5 g

-Agar-agar bactériologique : 15,0 g

-pH à 25 °C :  $7,1 \pm 0,2$



Publication et  
communications

Une partie de cette présente étude a fait l'objet d'une publication et plusieurs communications.

### **1-Publication:**

**Hanou S., Boukhemis M., Benatallah L., Djeghri B., Zidoune M.** 2016. Effect of Ginger Powder Addition on Fermentation Kinetics, Rheological Properties and Bacterial Viability of Dromedary Yogurt. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 10(9), 667-673.

### **2-Communications internationales:**

- 1- **Hanou S., Boukhemis M., Djeghri B.,** 2011. Effet de la pasteurisation du lait camelin sur certains paramètres technologique du gel acide. 1<sup>er</sup> congrès international, Aide à l'agriculture Algérienne, 22-24 novembre 2011, Annaba.
- 2 - **Hanou S., Boukhemis M., Djeghri B.,** 2013. Croissance et viabilité de la culture mixte de yaourt sur le lait camelin. 9<sup>ème</sup> journées scientifiques de microbiologie, 15-17 novembre 2013 Hammamet, Tunisie.
- 3- **Hanou S., Boukhemis M., Benatallah Le., Zidoune M., Djeghri B** (2014). Étude de la qualité rhéologique du lait camelin pasteurisé à différentes température. 2<sup>ème</sup> journées scientifique de l'agroalimentaire, 4-7 avril 2014, Sousse, Tunisie.
- 4- **Hanou S., Boukhemis M., Benatallah Le., Zidoune M., Djeghri B.,** 2014. Étude de la qualité rhéologique du yaourt à base de lait camelin additionné d'une substance végétale. Séminaire international sur les sciences alimentaires, 14-16 octobre 2014, Constantine, Algérie.

### **3-Communications Nationales:**

- 1- **Hanou S., Boukhemis M., Djeghri B.,** 2013. Étude de certains paramètres technologiques de la fabrication d'un yaourt a base de lait de chamelle. 2<sup>ème</sup> journées scientifique de l'agroalimentaire, 13-15 juin 2013, Constantine, Algérie.

## Research Article

### Effect of Ginger Powder Addition on Fermentation Kinetics, Rheological Properties and Bacterial Viability of Dromedary Yogurt

<sup>1</sup>Samia Hanou, <sup>1</sup>Massaouda Boukhemis, <sup>2</sup>Leila Benatallah, <sup>3</sup>Baida Djeghri and

<sup>2</sup>Mohamed-Nasreddine Zidoune

<sup>1</sup>Laboratory of Applied Biochemistry and Microbiology, University Badji Mokhtar,  
BP 12, 23 000, Annaba,

<sup>2</sup>Laboratory of Nutrition and Food Technology, I.N.A.T.A-A, University of Constantine 1,

<sup>3</sup>National School of Marine Sciences and Spatial Coast, Algiers, Algeria

**Abstract:** This study aims to evaluate the direct use of ginger powder in dromedary's yogurt manufacturing by determining the kinetic acidification, the rheological parameters and the stability of the final product during 28 days of cold storage. The supplementation of dromedary milk with ginger powder at concentration ranging from 0.6 to 1% w/v, enhanced the growth of inoculated lactic acid bacteria, accelerated significantly the rate of pH reduction ( $p < 0.0001$ ) and reduced the time of fermentation to 50%. On another hand, its addition improved the consistence index K, decreased the flow behavior index n, increased the water holding capacity and enhanced slightly the viability of *Streptococcus salivarius ssp thermophilus* during cold storage. Thus, the supplementation of dromedary milk with ginger powder at concentration ranged from 0.6 to 1% w/v complements its healthy characteristics, produced acceptable yogurt and allows energy and time saving in the manufacturing process.

**Keywords:** Dromedary milk, *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus*, *Streptococcus salivarius ssp thermophilus*, yogurt, *Zingiber officinale*

## INTRODUCTION

During recent years, an increasing interest has been developed in foods that contribute to a positive effect on health beyond their nutritional value (Martina-Diana *et al.*, 2003). Among this food, much attention has been focused on camel milk. Truly, apart from the essential nutrients available from cow milk, fresh or fermented camel milk contains high concentration of bioactive substances (Shori and Baba, 2014c) which have great therapeutically virtues toward treatment of several diseases such as cancer, diabetes, jaundice, tuberculosis and asthma. Moreover, camel milk has been recommended to be consumed by children who are allergic to bovine milk because it lacks  $\beta$ -lactoglobulin and contains  $\alpha$ -lactalbumin. All these medicinal properties make this milk attractive to some consumers and its production is gradually increasing (Omer and Hamed, 2010).

The exploitation of this milk with particular characteristics compared to cow's milk becomes an opportunity to diversify the dairy market. However, most of the dromedary milk is drunk fresh, because contrary to the other types of milk, it is often described as not easily transformed into dairy products (Attia *et al.*, 2000), Hashim *et al.* (2008) and Farah *et al.* (1990)

studied the preparation of fermented milk and reported that, camel milk produced a thin, flowing and very soft yogurt. Attia *et al.* (2001) also found that, during lactic fermentation process, dromedary milk showed a behavior different from that of bovine milk at the microbiological, biochemical and structural levels. This milk was shown to have greater resistance to bacterial growth leading to less active cultures and did not produce a curd structure but few dispersed small casein fragments at the surface and a film or firm gel at the bottom of the vessel.

Several solutions were proposed to improve texture of fermented dromedary milk products. The most commonly used methods include an increase in milk solids (Mortada and Omer, 2013) and addition of stabilizers such as gelatin or alginate (Hashim *et al.*, 2008). Moreover, several recent studies showed the inclusion of medicinal herbal extracts into milk during fermentation such as *Allium sativum* and *Cinnamomum verum* (Shori and Baba, 2012a).

Ginger (*Zingiber officinale*) has been used as a spice for over 2000 years. Its roots and the obtained extracts contain spectra of biologically active compounds responsible for its various medical applications as an analgesic, antiemetic, antiulcer, antipyretic, prostaglandin suppression and cardio

**Corresponding Author:** Samia Hanou, Laboratory of Applied Biochemistry and Microbiology, University Badji Mokhtar, BP 12, 23 000, Annaba, Algeria

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (URL: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

depressant among many others (Ajayi *et al.*, 2013). Moreover, ginger has a considerable amount of starch (up to 40%, dry basis) with potential applications. The importance of starches is long recognized as they are an important source of energy (Ahmed *et al.*, 2011) and it is one of the most frequently used thickening agents in yogurt production (Ibrahim, 2015). Latona *et al.* (2012) also reported that ginger is a good source of protein. So the addition of this plant could be a good source of growth factors for inoculated lactic acid bacteria and may offer the possibility of improving the texture of fermented dromedary milk.

The present study aims to evaluate the effect of adding ginger powder to dromedary's yogurt manufacturing by determining the chemical composition, the kinetic acidification, the microbial growth during fermentation and their viability during cold storage, the post-acidification and the rheological parameters of yogurts.

## MATERIALS AND METHODS

**Milk samples:** Fresh dromedary milk was collected from Ibnou farm (Ghardaia, southern Algeria). The collected milk was then skimmed with three successive centrifugations at 2000 g for 15 min to achieve fat separation (Attia *et al.*, 2001). Milk powder was purchased from a local market.

**Starter cultures:** Commercial freeze-dried mixed yogurt culture (DELVO-YOG, CY-222.DSL) composed of *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* and *Streptococcus salivarius ssp thermophilus* were used as starter cultures.

The lyophilized culture was suspended in 12% reconstituted skim milk powder, previously autoclaved at 120°C for 15 min and incubated at 42°C for 4-6 h (El-Batawy *et al.*, 2014).

**Preparation of Ginger powder:** Fresh ginger root (*Zingiber officinale Roscoe*) was purchased from a local market. Root was peeled, washed, weighed and sliced, then dried with a tray drier at 50°C until moisture content was less than 10% (weight basis). Dried sliced ginger was reduced to powder using an electric grinder (Nantaporn *et al.*, 2010).

**Chemicals analysis:** Total solids, ash, total nitrogen and total non protein nitrogen of pasteurized dromedary milk (control and fortified milk) were determined according to standard methods, respectively by drying at 102±2°C, by incineration at 550°C and by the kjeldahl method (AFNOR, 1993).

Proximate composition of ginger powder was estimated with standard methods. Protein content was determined by the Lowry assay (Lowry *et al.*, 1951) and ash content by incineration at 550°C.

**Evaluation of proteolysis activity of ginger protease:** Proteolysis activity of ginger protease was assessed

after heat treatment of supplemented dromedary milk by measuring liberated free amino group (NPN). Samples for analysis were prepared by adding 5 mL of trichloroacetic acid (24%) to 5 mL of milk to obtain a final concentration of 12%. After 5 min of incubation at room temperature, the samples were filtered using Whatman No.2 paper (Attia *et al.*, 2001). The NPN content was determined as mentioned below.

**Preparation of fermented milk:** Skimmed dromedary milk samples were divided into 6 equal portions. One of them was used as a control sample; while 5 other ones were used to prepare five different formulations of fermented dromedary milk fortified with ginger powder (0.25, 0.5, 0.6, 0.75 and 1% w/v).

All samples were heated at 63°C for 30 min, then cooled to incubation temperature and each milk sample was inoculated with 3% ( $10^6$ - $10^7$  cfu/mL) of *St. thermophilus* and *Lb. bulgaricus* 1:1 (Magdi *et al.*, 2010) followed by incubation at 43°C until the pH reached 4.4.

Milk powder (the second control) was reconstituted with distilled water to 12% w/v and was prepared using the same procedures:

DM : Dromedary milk

CM : Cow milk

**Fermentation kinetic:** During fermentation, the pH and acidity values were determined every 1.5 h until the desired pH was achieved. The pH of the samples was measured using a pH meter (Hanna-instrument). The titratable acidity was measured according to AFNOR method and was expressed in Dornic degrees ( $1^\circ\text{D} = 0.1$  g lactic acid/L of milk). The pH variation was calculated as follows:  $\Delta \text{pH} = \text{pH}_2 - \text{pH}_1$ , where  $\text{pH}_2$  and  $\text{pH}_1$  are the pH values at time  $t_2$  and  $t_1$  respectively. The acidity variation was calculated via the same method.

The time required for the pH to reach 4.4 was defined as the fermentation time. Based on the results of preliminary studies, the milk-ginger's mixture was prepared using 0.6 % (w/v) of ginger powder to perform the following tests.

**Culture growth:** Bacterial counts were determined in dromedary milk, cow milk and dromedary milk fortified with 0.6% ginger powder, at each sampling time during fermentation process.

The number of *Lb. bulgaricus* was determined using MRS agar acidified to pH 5.4 with 100% glacial acetic acid then incubated at 37±1°C for 72 h under anaerobic condition (IDF, 1997). *St. thermophilus* was enumerated using M 17 (IDF, 1997) and subsequently incubated at 37±1°C for 48 h under aerobic condition (Supavititpatana and Kongbangkerd, 2011b).

**Water-holding capacity:** Water-Holding Capacity (WHC) was measured after 20h of cold storage according to the method described by Supavititpatana *et al.*, (2010a).

**Rheological measurements:** The rheological parameters were measured after 20 h of storage using a rheometer model HAAKE. VT 550. The flow curves were determined at a linear gradient shear rate from 0.5 to 1000/s, within 200 s. The description of the rheological behavior was performed using the rheological model of Ostwald-de Waele ( $\tau = Ky^n$ ).

**Stability during storage: evolution of pH, acidity and bacterial viability:** Yogurt samples were stored at 4°C and the pH, acidity values and bacterial counts were determined after 14 and 28 days of storage as mentioned previously. The viable cells were calculated as follows:

$$\% \text{ viability} = \left( \frac{\text{CFU at } n \text{ weeks of storage}}{\text{Initial CFU}} \right) \times 100 \text{ (Riazi and Ziar, 2008)}$$

**Statistical studies:** All results are presented as means of two independent replicates. Statistical analysis was performed using one way Analysis of Variance (ANOVA, Minitab, version 16).

## RESULTS AND DISCUSSION

**Chemical composition of dromedary milk:** The average chemical composition of dromedary milk samples used for yogurt processing (Table 1) were in the range of values reported by Siboukeur (2005), Attia *et al.* (2001), Eissa *et al.* (2011) and El-Agamy (2000) (8.9-14.3% total solid, 2.5-4.5% protein, 0.25% NPN and 0.7-0.95% ash).

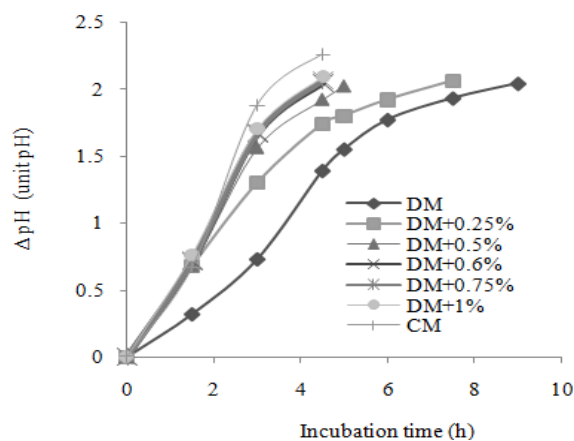
Supplementation of dromedary milk with ginger powder increased significantly ( $p < 0.05$ ) the total solid, the amount of protein, non-protein nitrogen and ash. The increase of these components in fortified dromedary milk is due to the ginger powder, while the increase of NPN amount could be attributed to the ginger powder protein and to the presence of a cysteine protease (Zingibain) active during heat treatment (63°C) and form a free amino group (Hashim, 2011 and Nafi *et al.*, 2013). These results were similar to the results of Ko (1989) who also found that, the addition of microbial protease or papain to soy milk increases considerably the amount of non-protein nitrogen.

**Chemical composition of ginger powder:** The protein content of the ginger powder used in this study was  $43.89 \pm 0.4980\%$  which is higher than the  $34.13\%$  reported by Latona *et al.* (2012), while ash content is approximately the same ( $7.200 \pm 0.7211\%$ ).

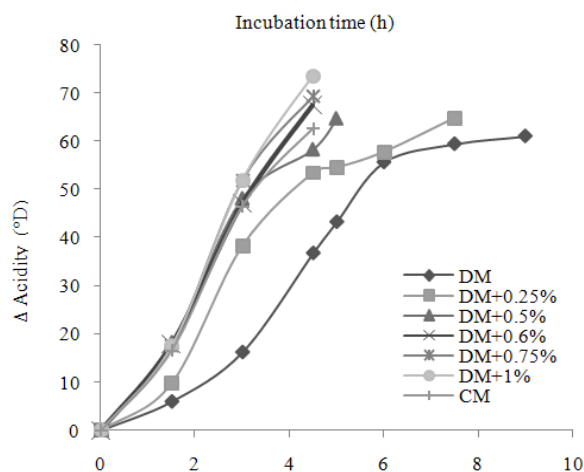
**Evaluation of proteolysis activity of ginger protease:** The amount of liberated NPN realized by the action of ginger protease was  $0.09\% \pm 0.002$ ,  $0.31\% \pm 0.007$ ,  $0.35\% \pm 0.007$ ,  $0.40\% \pm 0.007$  and  $0.44\% \pm 0.014$  for

Table 1: Chemical composition of dromedary milk

Samples	Components %			
	Total solid	Protein	Total NPN	Ash
DM	10.05±0.14	3.57±0.05	0.26±0.007	0.92±0.04
DM+0.25%	10.34±0.15	3.67±0.05	0.44±0.014	0.93±0.05
DM+0.5%	10.56±0.13	3.78±0.02	0.76±0.028	0.95±0.03
DM+0.6%	10.70±0.10	3.83±0.04	0.83±0.021	0.96±0.05
DM+0.75%	10.8±0.14	3.89±0.05	0.90±0.007	0.97±0.03
DM+1%	11.06±0.40	4.0±0.05	1.13±0.500	0.99±0.02



(a) Rate of pH variation



(b) Rate of titratable acidity variation

Fig. 1: Kinetic of acidification of dromedary milk, dromedary milk fortified with ginger powder at different concentration and cow milk

dromedary milk supplemented with 0.25; 0.5; 0.6; 0.75 and 1% of ginger powder respectively. It can be stated that the rate of liberation of NPN increased significantly ( $p < 0.0001$ ) with the increase in the concentration of ginger powder.

These results were similar to those of Ko (1989), who also found that, the addition of microbial protease or papain to soy milk increases considerably the amount of non-protein nitrogen.

**Fermentation kinetic:** The dromedary milk fermentation shown a slow acidification rate (Fig. 1a) and required double time of fermentation as compared to cow milk. This result was in agreement with the one of Attia *et al.* (2001), who stated that the activity of the starter culture in dromedary camel milk was characterized by a longer lag phase than the bovine milk.

The enrichment of dromedary milk with 0.25, 0.5, 0.6, 0.75 and 1% w/v of ginger powder enhanced significantly the acidification rate ( $p < 0.0001$ ). As shown in Fig. 1a, during the first 3 h of incubation, there was a faster rate of pH reduction in all fortified dromedary milk and it was approximately 2 times higher as compared to dromedary milk alone. Whereas, during the following 1.5 h of incubation, it was more enhanced in dromedary milk fortified with 0.5, 0.6, 0.75 and 1% in comparison to the dromedary milk fortified with 0.25% of ginger powder.

This faster rate of pH reduction decreased the pH of dromedary milk supplemented to 4.4 after 4.5 h of incubation at 43°C, while the incubation of dromedary milk alone was prolonged and required 9 h of incubation to reach this pH. So, the enrichment of dromedary milk with ginger powder at a concentration superior to 0.5% decreases significantly the fermentation time of dromedary yogurt ( $p < 0.01$ ) to 50%.

The titratable acidity variation of all samples showed a similar trend as observed in the rate of pH reduction (Fig. 1b). The variation observed during the first 4.5 h of incubation was approximately 1.5 to 2 times higher in fortified dromedary milk than in dromedary milk alone.

As shown in Fig. 1a, the time required for the pH to reach 4.4 of dromedary milk enriched with ginger powder at concentration superior to 0.5% was the same for the fermentation of cow milk.

This decrease in fermentation time of supplemented dromedary milk could be due to the higher amount of non-protein nitrogen present in fortified milk. This is in agreement with previous study of Dave and Shah (1998), who found that the addition of growth factors, such as non-protein nitrogen to cow milk, enhances the acidification rate and reduces the fermentation time by 25-75%.

Supplementation of dromedary milk with 0.6, 0.75 and 1% w/v of ginger powder has shown a similar kinetic of acidification and a similar coagulation time (4.5 h), so the concentration of 0.6% w/v was selected for the following tests.

**The viable counts of starter culture during fermentation:** During the first 4.5 h of fermentation process, the growth kinetic of yogurt culture showed a

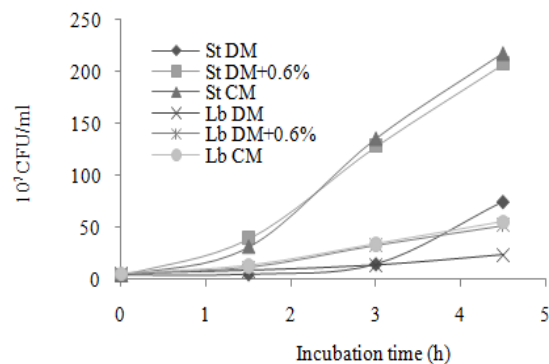


Fig. 2: Changes in viable cell count of starter culture during 4.5 h of incubation

similar trend as observed in the rate of pH reduction (Fig. 1a) and the inoculated lactic acid bacteria showed slow rate of growth in dromedary milk alone and quicker rate of growth in dromedary milk supplemented with ginger powder and cow milk (Fig. 2).

This slow rate of growth of lactic acid bacteria observed in dromedary milk compared to cow milk was reported in a previous study of Attia *et al.* (2001), who suggest that the growth of yogurt culture in camel milk is delayed due to the presence of some inhibiting agents which extends the gelation process.

As shown in Fig. 1 and 2, dromedary milk fortified with ginger powder seemed more favorable for the growth of inoculated lactic acid bacteria than to the dromedary milk alone. Indeed, during the first 3 h of incubation, the amount of *St. thermophilus* was approximately 10 times higher in dromedary milk supplemented than that in dromedary milk alone, respectively. After 4.5 h of incubation, it was also approximately 3 times higher, while the amount of *Lb. bulgaricus* was approximately 2 times higher in fortified milk than that in dromedary milk alone during all fermentation process. Consequently, the pH of dromedary milk fortified with 0.6% of ginger powder reached 4.4 and the incubation was stopped, while the incubation of dromedary milk alone was extended to 9 h until the desired pH was achieved.

The difference between these milks in the rate of growth of starter culture could be due to the higher amount of non-protein nitrogen present in supplemented dromedary milk. Similar results were reported by Lucas *et al.* (2004) and Supavitpatana (2011), who found that the increase in the level of peptide and free amino acids enhanced the growth and acidification activity of *St. thermophilus* lead to enhance the level of formic acid and CO<sub>2</sub> which stimulates the growth of *Lb. delbrueckii ssp. bulgaricus*. Moreover, Wasinee *et al.* (2009) revealed that the addition of *Aspergillus ssp* protease to cow milk makes peptide from milk protein promoting rapid growth of yogurt culture.

When the pH of dromedary milk reached 4.4 (after 9 h of incubation), the amount of *St. thermophilus* attained  $38 \times 10^8$  cfu/mL and the amount of *Lb. bulgaricus* attained  $15.4 \times 10^8$  cfu/mL in dromedary milk alone (data not shown). At the same final pH, the counts of yogurt bacteria were higher in this milk in comparison to the dromedary milk fortified with ginger powder and cow milk. This can be related to the prolongation of fermentation time, from 4.5 to 9 h. Similar results were reported by Lucas *et al.* (2004) and Zhao *et al.* (2006), who also found that the addition of casein hydrolysates to cow milk reduces the fermentation time and decreases the number of final inoculated lactic acid bacteria.

The main population was represented by *St. thermophilus* in all samples. These results were in agreement with Abu-Tarboush (1996), who revealed that the Streptococci were always more numerous than the Lactobacilli during fermentation of camel milk and cow milk at 42°C.

#### Stability during storage:

**Evolution of pH, acidity and bacterial counts:** The development of pH and acidity throughout storage shows a gradually increase in acidity and decrease of pH for all samples (Table 2).

The development of these parameters throughout the first 14 days storage shows a significant difference ( $p < 0.01$ ) in all samples, after a slight increase in the acidity ( $p < 0.05$ ) and decrease in pH was observed.

This result agrees with those of McCann *et al.* (2011) and Lucas *et al.* (2004), who reported that the noticeable decrease of pH during the first week of storage is expected as the lactic acid bacteria continue to grow and produce lactic acid. As the growth of lactic acid bacteria is inhibited by a low pH, the rate of pH reduction would be slowed down significantly during further storage period.

At the end of storage, the highest acidity was obtained by the dromedary yogurt supplemented while the lowest one was obtained by dromedary yogurt, (Table 2). Espirito Santo *et al.* (2012) found similar results for yogurt supplemented with passion fruit peel powder.

**The viable counts of starter culture during 28 days of refrigerated storage:** During the whole self-life, *Lb. delbrueckii ssp bulgaricus* and *St. salivarius ssp*

*thermophilus* counts showed a gradual decline for all samples. This gradual decline was significantly different ( $p < 0.05$ ) in all yogurts at the same weeks and during 28 days of storage. This result is in agreement with previous studies of Farahat and El-Batawy (2013); Shori and Baba (2012a) and Passephol and Sherkat (2009), which indicated that the decrease in lactic acid bacterial counts may be due to the sensitivity of these bacteria to acid developed along the storage period.

At the end of storage, the viability of *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* was found higher in all samples in comparison to the viability of *St. salivarius ssp thermophilus*, because generally *Lb. delbrueckii ssp bulgaricus* can tolerate low pH conditions better than *St. thermophilus* (Wasinee *et al.*, 2009). However, it's clear that, the number of lactic acid bacteria in all yogurts at the end of storage were higher (Table 2) than the recommended minimum levels ( $10^6$ - $10^7$  cfu/mL) (Farahat and El-Batawy, 2013).

The addition of ginger powder significantly ( $p < 0.01$ ) enhanced the viability of *St. salivarius ssp thermophilus* during storage time. Similar results were reported by Zhao *et al.* (2006), who revealed that the addition of casein hydrolysates to cow milk enhances the viability of these strains.

**Rheological characteristics:** As shown in Table 3, the supplemented dromedary yogurt seems to be more viscous with three times higher consistency index ( $p < 0.0001$ ) and lower flow behavior index ( $p < 0.05$ ) than the dromedary yogurt respectively.

The increase in consistency index and the decrease in flow behavior index of dromedary yogurt fortified with ginger powder could be due to the increase in total solid. Similar result was reported by Penna *et al.* (2006). Furthermore, ginger has a considerable amount of starch (up to 40%, dry basis) with potential applications (Ahmed *et al.*, 2011) and the ability of starches to thicken gel and hold water has been exploited in yogurt manufacture (Ibrahim, 2015 and Najgebauer-Lejko *et al.*, 2007).

**Water-Holding Capacity (WHC):** WHC measurements showed significant differences ( $p < 0.001$ ) between all yogurt samples. The higher WHC was obtained from yogurt sample made using cow milk ( $36.81\% \pm 0.50$ ) and the lower WHC was obtained from

Table 2: The stability of dromedary yogurt with or without added ginger powder and cow yogurt during refrigerated storage for 28 days

	14 days of storage			28 days of storage		
	DM	DM+0.6 %	CM	DM	DM+0.6%	CM
pH	4.25±0.02	4.16±0.02	4.17±0.0	4.19±0.01	4.13±0.02	4.13±0.0
Acidity (°D)	96.78±1.7	113±1.3	87.57±0.6	100.1±0.9	117.9±2.5	94.33±3.2
% viability of <i>St.</i>	37.85±0.7	56.80±1.4	48.45±1.6	14.30±0.1	18.50±3.1	13.25±0.6
% viability of <i>Lb.</i>	65.85±1.3	42.25±5.4	55.80±2.5	38.25±4.5	13.05±1.9	25.20±5.0

Table 3: Rheological parameters of dromedary yogurts

Yogurt samples	Consistency index K (Pa.s <sup>n</sup> )	Flow behavior index n	R <sup>2</sup>
Dromedary alone	91.94±6.61	0.6127±0.011	0.9684±0.014
Dromedary supplemented	247.6±11.46	0.4840±0.049	0.9781±0.021

yogurt sample made using dromedary milk alone (21.86%±0.81), supplemented dromedary milk with ginger powder has significantly increased WHC (p<0.05); it attained 23.70%±0.1344 which is 1, 84% higher than that of control yogurt.

Hence, it can be stated that the addition of ginger powder to dromedary yogurt increased significantly the water holding capacity compared to control yogurt. This difference in WHC of the yogurts may be attributed to the starch present in ginger. Similar results were reported by Lobato-Calleros *et al.* (2014), who suggested that the addition of starch increases water-holding capacity as well as yogurt stability during storage.

### CONCLUSION

The supplementation of dromedary milk with ginger powder at concentration ranging from 0.6 to 1% w/v enhanced the growth of yogurt bacteria, accelerated significantly the rate of pH reduction (p<0.0001) and reduced the time of fermentation from 9 h to 4.5 h. On another hand, its addition improved the consistence index K, decreased the flow behavior index n, increased the water holding capacity and enhanced slightly the viability of *Streptococcus salivarius ssp thermophilus* during cold storage. Thus, the addition of this medicinal plant to dromedary milk complements its healthy characteristics, produces acceptable yogurt and allows energy and time saving in the manufacturing process.

### ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by grants from the Algerian Ministry of High Education and scientific research (we are grateful to Pr. Ladjama Ali, the director of Applied Biochemistry and Microbiology laboratory, Department of Biochemistry, Annaba, Algeria for his support).

### REFERENCES

Abu-Tarboush, H.M., 1996. Comparison of associative growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows. *J. Dairy Sci.*, 79: 366-371.

Ahmed, M., S. Aissat, N. Djebli and A. Boulkaboul, 2011. The influence of starch of ginger on the antibacterial activity of honey of different types from Algeria against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Int. J. Microbiol. Res.*, 2(3): 258-262.

Ajayi, O.B., S.F. Akomolafe and F.T. Akinyemi, 2013. Food value of two varieties of ginger (*Zingiber officinale*) commonly consumed in Nigeria. *ISRN Nutrition*, pp: 5.

AFNOR, 1993. Association Française de Normalisation. Contrôle de la Qualité des Produits Alimentaire, Paris.

Attia, H., N. Kerouatou, M. Nasri and T. Khorchanib, 2000. Characterization of the dromedary milk casein micelle and study of its changes during acidification. *INRA, EDP Science*, 80: 503-51.

Attia, H., N. Kerouatou and A. Dhoud, 2001. Dromedary milk lactic fermentation: Microbiological and rheological characteristics. *J. Ind. Microb. Biotech.*, 26: 263-270.

Dave, R.I. and N.P. Shah, 1998. Ingredient supplementation effects on viability of probiotic bacteria in yoghurt. *J. Dairy Sci.*, 81(11): 2804-2816.

do Espirito Santo, A.P., P. Perego, A. Converti and M.N. Oliveira, 2012. Influence of milk type and addition of passion fruit peel powder on fermentation kinetic, texture and bacterial viability in probiotic yoghurts. *LWT-Food Sci. Technol.*, 47(2): 393-399.

El-Agamy, E.I., 2000. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: A comparison with cow's and buffalo milk proteins. *Food Chem.*, 68: 277-232.

El-Batawy, O.I., I.S. Ashoush and N.S. Mehamna, 2014. Impact of mango and pomegranate peels supplementation on quality characteristics of yoghurt with or without whey powder. *World J. Dairy Food Sci.*, 9(1): 57-65.

Eissa, A.E., I.A.M. Ahmed, E.E. Babiker and A.E.A. Yogoub, 2011. Physicochemical, microbiological and sensory characteristics of yoghurt produced from camel milk during storage. *Elect. J. environ. Agri. Food Chem.*, 10(6): 2305-2313.

Farah, Z., T. Streiff and M.R. Bachmann, 1990. Preparation and consumer acceptability tests of fermented camel milk in Kenya. *J. Dairy Res.*, 57: 281-283.

Farahat, A.Z. and O.I. El-Batawy, 2013. Proteolytic activity and some properties of stirred fruit yoghurt made using some fruits containing proteolytic enzymes. *World J. Dairy Food Sci.*, 8(1): 38-44.

Hashim, I.B., A.H. Khalil and H. Habib, 2008. Quality and acceptability of set-type yogurt made from camel milk. *J. Dairy Sci.*, 92: 857-862.

Hashim, M.M., 2011. Ginger rhizome as a potential source of milk coagulating cysteine protease. *Phytochemistry*, 72: 458-464.

Ibrahim, A.H., 2015. The effects of various stabilizers on physicochemical properties of camel milk yoghurt. *J. Amer. Sci.*, 11(1):15-24.

- Ko, Y.T., 1989. Acid production by lactic acid bacteria in soy milk treated by microbial protease or papain and preparation of soy yogurt. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 21: 379-386.
- Lobato-Calleros, C., C. Ramírez-Santiago, E.J. Vernon-Carter, J. Alvarez-Ramirez, 2014. Impact of native and chemically modified starches addition as fat replacers in the viscoelasticity of reduced-fat stirred yogurt. *J. Food Eng.*, 131: 110-115.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall, 1951. Protein measurement with Folin phenol reagent. *J. Biochem.*, 193: 265-275.
- Lucas, A., I. Sodini, C. Monnet, P. Jolivet and G. Corrieu, 2004. Probiotic cell counts and acidification in fermented milks supplemented with milk protein hydrolysates. *Int. Dairy J.*, 14(1): 47-53.
- Latona, B.F., G.O. Oyeleke and O.A. Olayiwola, 2012. Chemical analysis of ginger root. *IOSR J. Appl. Chem.*, 1: 47-49.
- Magdi, A.O., E.A. Ibrahim and A.D. Hamid, 2010. Biochemical changes occurring during fermentation of camel milk by selected bacterial starter cultures. *Afri. J. Biotechnol.*, 9(43): 7331-7336.
- Martina-Diana, A.B., C. Janer, C. Peláez and T. C. Peláez Requena, 2003. Development of a fermented goat's milk containing probiotic bacteria. *Int. Dairy J.*, 13: 827-833.
- McCann, T.H., F. Fabre and L. Day, 2011. Microstructure, rheology and storage stability of low-fat yoghurt structured by carrot cell wall particles. *Food Res. Int.* 44: 884-892.
- Mortada, M.S. and I.A.H. Omer, 2013. Effect of fortifying camel's milk with skim milk powder on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of set yoghurt. *Adv. J. Food Sci. Technol.*, 5(6): 765-770.
- Nafi, A., H.L. Foo, B. Jamilah and H.M. Ghazali, 2013. Properties of proteolytic enzyme from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Int. Food Res. J.*, 20: 363-368.
- Najgebauer-Lejko, D., M. Sady, T. Grega, B. Faber, J. Domagala and B. Machaczka, 2007. Effect of addition of starches of different botanical origin of the tecture and rheological properties of set-style yogurts. *Biotechnol. Animal Husbandry*, 23(5-6): 95-102.
- Nantaporn, S., J. Boopha, C. Supitchaya and A. Pitaya, 2010. Effect of sodium ascorbate and drying temperature on active protease of dried ginger. *As. J. Food Agro-ind.*, 3(01): 52-58.
- Omer, A.A. and A.A. Hamed, 2010. Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk-a review. *Int. Dairy J.*, 20: 811-821.
- Passephol, T. and F. Sherkat, 2009. Probiotic stability of yoghurt containing Jerusalem artichoke inulins during refrigerated storage. *J. Functional Food*, 1: 311-318.
- Penna, A.L.B., A. Converti and M.N. Oliveira, 2006. Simultaneous effects of total solids content, milk base, heat treatment temperature and sample temperature on the rheological properties of plain stirred yogurt. *Food Technol. Biotechnol.*, 44(4): 515-518.
- Riazi, A. and H. Ziar, 2008. Growth and viability of yogurt starter organisms in honey-sweetened skimmed milk. *Afri. J. Biotechnol.*, 7: 2055-2063.
- Shori, A. and A.S. Baba, 2012a. Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum*-bio-yogurts made from camel and cow milk. *J. Associat. Arab Univ., Basic Appl. Sci.*, 11: 50-55.
- Shori, A. and A.S. Baba, 2013b. Effect of inclusion of *Allium sativum* and *Cinnamomum verum* in milk on the growth and activity of Lactic Acid Bacteria during yoghurt fermentation. *Amer. Eurasian J. Agri. Environ. Sci.*, 13(11): 1448-1457.
- Shori, A. and A.S. Baba, 2014c. Comparative antioxidant activity, proteolysis and in vitro  $\alpha$ -amylase and glucosidase inhibition of *Allium sativum*-yogurts made from cow and camel milk. *J. Saudi Chem. Soc.*, 18: 456-463.
- Siboukeur, O., 2005. Étude du lait camelin collecté localement: Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques; aptitudes à la coagulation. Thèse, Université Kasdi Merbah, Algérie.
- Supavititpatana, P., T.I. Wirjantoro and P. Raviyan, 2010a. Characteristics and shelf-life of corn milk yogurt. *CMU. J. Nat. Sci.*, 9: 133-150.
- Supavititpatana, P. and T. Kongbangkerd, 2011b. The effect of partial replacement of non-fat dry milk sodium caseinate on qualities of yoghurt ice cream from coconut milk. *Int. Food Res. J.*, 18: 439-443.
- Wasinee, P., J. Amnat, L. Pairoj and A. Thanut, 2009. Production of fermented milk high in activity of angiotensin converting enzyme inhibition by extending fermentation time and protease addition. *As. J. Food Agro-Ind.*, 2(04): 167-174.
- Zhao, Q.Z., J.S. Wang, M.M. Zhao, Y.M. Jiang and C. Chun, 2006. Effect of casein hydrolysates on yogurt fermentation and texture properties during storage. *Food Technol. Biotechnol.*, 44(3): 429.