

Variation factors of yoghurt quality during the manufacturing process

Etude des facteurs de variation de la qualité du yaourt durant le processus de production

Y. HACHANA¹, R. REJEB¹, N. CHIBOUB¹, I.A. ZNEIDI¹

¹ High Institute of Agriculture Chott-Meriem Sousse Tunisia

*Corresponding author: hachana@yahoo.fr

Abstract - The aim of this work was to study the factors likely to influence the composition and texture of yoghurt throughout the manufacturing process. Results of raw milk composition revealed that there is a seasonal variation of the physico-chemical parameters. The average fat content of raw milk delivered to the dairy plant varied from 30 to 35.75 g / l. Fat content increased significantly ($P < 0.05$) during winter (31.48 g / l), and decreased during summer (30.04 g / l). Raw milk quality variations and to the absence of reasoned standardization, caused instability in the dry matter content of the set yoghurt (135.9 - 137.9 g). Results of quality parameters of yoghurts after incubation and during storage revealed a significant variation ($P < 0.05$) in physico-chemical and rheological quality within the different levels of the same pallet, and also from one yoghurt production to another. Moreover, the temperature fluctuations of incubation and storage chambers, have adversely affected the composition and the viscosity of the yoghurt.

Keywords: Raw milk - composition –yogurt quality - manufacturing defects

Résumé - Le but de ce travail consiste à étudier les facteurs susceptibles d'influencer la composition et la texture du yaourt tout au long du processus de fabrication. Les résultats des analyses effectuées sur le lait cru utilisé pour la production du yaourt, ont révélé qu'il existe une variation saisonnière des paramètres physico-chimiques du lait. La valeur moyenne de la matière grasse du lait cru livré à la centrale laitière, a varié de 30 à 35,75 g/l. Le taux butyreux moyen a augmenté significativement ($P < 0.05$) pendant la saison hivernale (31.48g/l), par contre il a diminué pendant la saison estivale (30,04g/l). La variation de la qualité du lait cru de départ, en plus de l'absence de standardisation raisonnée, a provoqué une instabilité de la teneur en matière sèche du yaourt étuvé qui a varié de 135,9g à 137,9g. Les résultats de suivi de la qualité des yaourts après étuvage et au cours du stockage, ont révélé qu'il existe une variation significative ($P < 0.05$) de la qualité physico-chimiques et rhéologique au sein des différents niveaux d'une même palette, et aussi d'une production à une autre. Les fluctuations des températures des chambres d'étuvage et de stockage ont affecté négativement la composition et la viscosité du yaourt.

Mots clés: Lait cru – composition – qualité yaourt – défauts de fabrication

1. Introduction

Le yaourt est un produit laitier de grande consommation qui possède une grande valeur nutritionnelle et très apprécié par son goût caractéristique et sa texture. Le yaourt est plus digestible que le lait avant fermentation et contient 2 fois plus d'acides aminés libres. Cette caractéristique résulte du traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries (Mahaut *et al.* 2008). La consistance et la viscosité du yaourt sont, pour une grande partie, sous la dépendance de la teneur en matière sèche du lait. Jeantet *et al.* (2008) ont rapporté que les protéines ont un rôle déterminant dans la texture, par contre la matière grasse à un effet sur les caractéristiques organoleptiques. Les protéines et la matière grasse, contribuent également à masquer l'acidité du produit (Amiot *et al.* 2002). Pour avoir



un goût et une acidité convenables, le yaourt doit êtreensemencé par deux types de bactéries spécifiques à savoir : *Streptococcus thermophilus* et *Bacillus bulgaricus* (Tamime et Robinson 1985). Outre le goût acidulé qu'elles donnent au gel, les bactéries lactiques du yaourt lui confèrent une saveur caractéristique due à la production de composés aromatiques (Zourari et Desmazeaud, 1991). L'action acidifiante des bactéries lactiques doit être limitée dans le temps (Corrieu et Luquet 2005). L'acidification dépend de la température et de la durée d'incubation (Jeantet et al. 2008). Une fois l'acidité voulue est atteinte, un refroidissement rapide à la température de 4°C est recommandé pour bloquer la fermentation (Luquet 1990). Le stockage à basse température (4°C) permet, non seulement, d'arrêter l'acidification mais aussi d'augmenter la consistance du produit sous l'effet du froid (Corrieu et Luquet, 2005). Une cinétique de refroidissement trop lente et/ou une température de stockage trop élevée peut engendrer des défauts de goût et une synérèse excessive (Slavador et al. 2005). Les contraintes mécaniques auxquelles sont soumis les produits au cours de l'entreposage et du transport peuvent contribuer à une destruction du gel et ainsi à une modification de la texture ferme du yaourt étuvé (Jeantet et al. 2008). Une teneur en matière sèche faible, un traitement thermique trop modéré, un niveau d'ensemencement trop bas ou une mauvaise conduite de l'incubation peuvent engendrer un défaut de texture caractérisé par un caillot mou (Ciron et al. 2011 ; Kessler 1998 ; Heertje et al. 1985 ; Tamime et al. 1984).

Le présent travail s'est focalisé sur le diagnostic des facteurs pouvant affecter la qualité du yaourt depuis le début du processus de fabrication jusqu'à la date limite de consommation.

2. Matériels et Méthodes

Ce travail a été réalisé dans une centrale laitière tunisienne située dans le Centre Est Tunisien, approvisionnée en lait cru par 53 fournisseurs provenant des différentes zones de productions nationales. Pour connaître les causes de variation de la qualité du yaourt étuvé on a effectué un suivi détaillé pendant 3 mois de toutes les étapes de productions et de stockage.

2.1. Echantillonnage du lait cru

A l'arrivée du camion citerne au niveau du quai de réception, les échantillons de lait cru sont directement prélevés. Après agitation, un premier échantillon est réalisé aseptiquement dans un flacon stérile de 50 ml en vue d'examen microbiologiques. Un deuxième échantillon est prélevé pour les analyses physico-chimiques, rempli à quantités égales des différents compartiments de la citerne. Chaque échantillon prélevé est identifié par la matricule du fournisseur, la quantité livrée, la température mesurée et la date et l'heure de réception. Le lait accepté est filtré avant d'être déposé dans des tanks de stockage.

2.2. Contrôle de la qualité du lait cru

Pour être accepté le lait cru ne doit contenir aucune trace d'antibiotiques. Pour cela, le test utilisé est le Penzème. La qualité physico-chimique du lait cru est évaluée d'abord par la mesure de l'acidité titrable exprimée en Degré Dornic, le pH à 20°C, la densité à 20°C et du taux de mouillage par cryoscopie. Les dosages de la matière grasse, de la matière protéique, du lactose de l'extrait sec total et de l'extrait sec dégraissé sont réalisés à l'aide d'un lactoscope FTIR Advanced, de Delta Instruments, fonctionnant selon le principe de transformation de Fourier à spectre infrarouge. L'appareil est régulièrement calibré par des échantillons étalons à teneurs garanties, fournis par la société CECALAIT France.

2.3. Refroidissement et stockage

Le refroidissement n'est démarré que lorsque le pH optimal est atteint (pH = 4,5). La température optimale à atteindre varie entre 18 et 20°C. Les palettes sont stockées à 4°C dans une chambre froide. De chaque production, 12 pots de yaourt sont prélevés à J+1, J+10, J+20 et à la date limite de consommation (DLC), pour les analyses physico-chimiques.

2.4. Analyses physico-chimiques du yaourt

Tous les échantillons de yaourts prélevés ont subi un contrôle de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique selon la NT14.32 (1983), la teneur en extrait sec total (EST) par méthode directe à chauffage infrarouge, l'acidité dornic et le pH à 20°C et à 42°C.

2.5. Analyses statistiques

Les valeurs sont exprimées sous forme de moyennes de trois mesures indépendantes et leurs écarts types. Une comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide du test t de Student. Le logiciel utilisé est le SPSS 10.

3. Résultats et Discussion

3.1. Evaluation de la qualité du lait cru

Les analyses physico-chimiques réalisées sur du lait cru destiné à la production du yaourt, ont révélé qu'il existe une instabilité de la composition du lait utilisé. Cependant, il n'existe pas de différences significatives entre les valeurs d'acidité et de pH d'un mois à un autre (figure 1). L'acidité du lait cru a été comprise entre 14°D et 15°D. Cette acidité a été conforme aux normes tunisiennes NT14-141 (2007) qui stipulent que le lait cru destiné à la transformation doit avoir une acidité entre 14 et 17°D. Pour le pH, il a été entre 6,60 et 6,73. Sachant que le pH d'un lait frais selon les normes Tunisiennes NT 14 - 141 (2007) doit se situer entre 6,6 et 6,8.

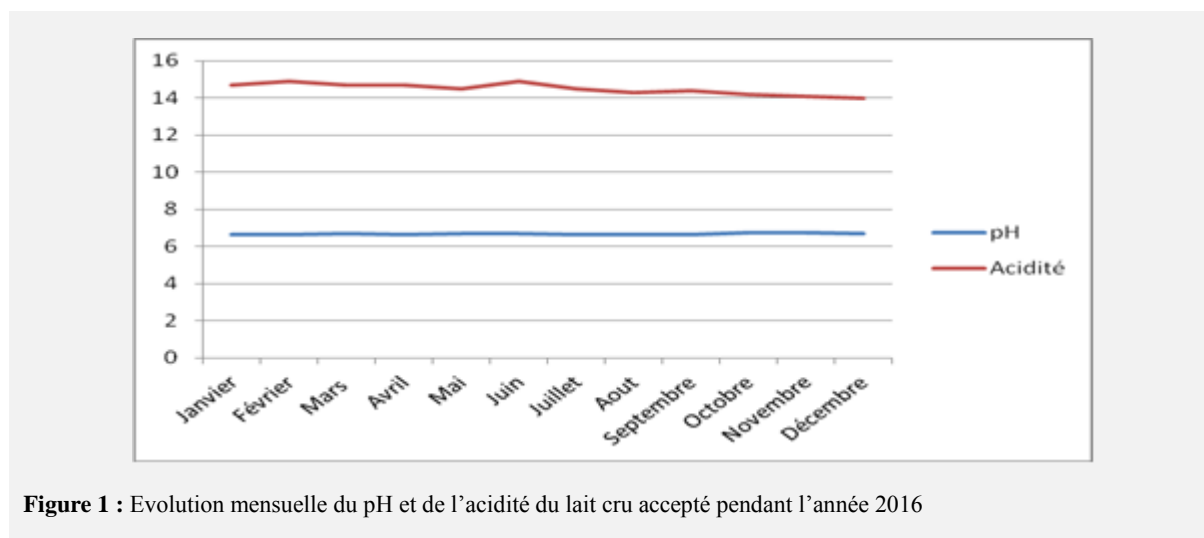


Figure 1 : Evolution mensuelle du pH et de l'acidité du lait cru accepté pendant l'année 2016

Les valeurs moyennes de la matière grasse enregistrées ont montré une valeur maximale pendant le mois de décembre qui est de l'ordre de 31,48 g/l et une valeur minimale pendant le mois d'août qui est de l'ordre de 30,04 g/l (figure 2). Les taux de matière grasse ont connu leurs niveaux les plus bas pendant la période estivale, ceci peut être lié au stress thermique de l'été ou les quantités de fourrages ingérées sont réduites alors que les dépenses énergétiques supplémentaires des animaux sont orientées pour supporter les températures élevées (figure 2). Les valeurs maximales de la MG ont été enregistrées pendant la saison hivernale (figure 2). Ces variations du taux de matière grasse dépendent essentiellement de l'alimentation qui est un facteur primordial, en effet la centrale concernée par cette étude se trouve dans une zone où il y a dominance de l'élevage hors sol qui est basé essentiellement sur les aliments concentrés, ce qui va avoir un impact négatif sur les teneurs de matière grasse du lait. Dans ce sens Coulon et al. (1988) ont montré que le taux butyreux peut diminuer d'une façon significative avec des proportions plus importantes d'aliments concentrés. L'influence du climat sur les taux de matière grasse dans le lait a été évoquée par Boucquier (1985) qui a mentionné que l'augmentation de la température ambiante pourrait avoir un effet favorable sur la production laitière et défavorable sur la richesse du lait. De plus, une étude a été réalisée par Coulon et al. (1991) ont montré qu'une durée d'éclaircissement longue (de 15 à 16 heures / jours) augmentait la production laitière et diminuait par fois la richesse en matières utiles.

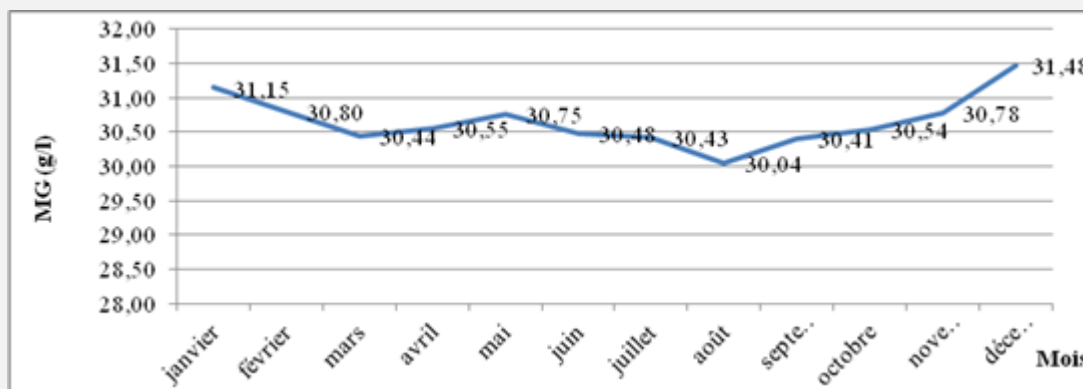


Figure 2 : Variation mensuelle de la teneur en matière grasse du lait cru acceptée pendant l'année 2016

Les teneurs moyennes de l'extrait sec total (EST) du lait ont varié entre 111,61 et 120,9 g/l (figure 3). Ces valeurs sont, en fait, en dessous de ce qui est recommandé dans le diagramme de fabrication. Alais (1984) a mentionné que la valeur moyenne de l'extrait sec d'un lait normal doit être de l'ordre de 128 g/l. La teneur en EST a une très grande influence sur la qualité des produits finis. En effet Mahieu (1994) a montré que plus la valeur de l'extrait sec est élevée plus le rendement de transformation technologique est élevé. Un lait cru ayant un EST convenable permet de produire du yaourt d'excellente qualité sensorielle.

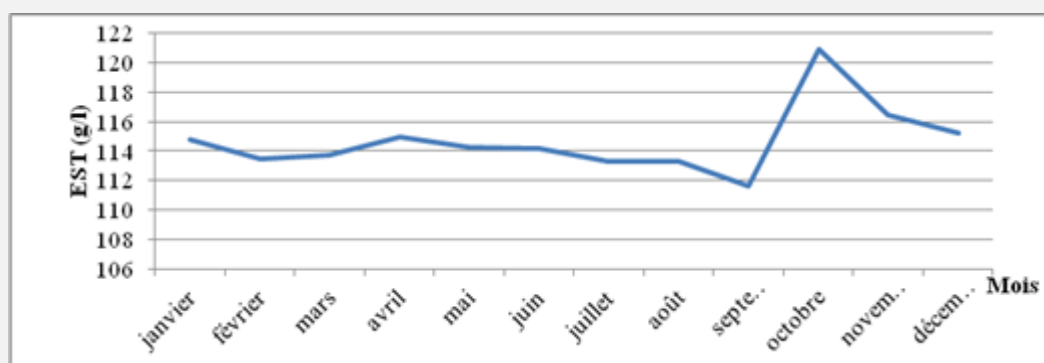


Figure 3 : Evolution du taux d'EST du lait cru acceptée durant l'année 2016

3.2. Evaluation du processus de production du yaourt

Le suivi du circuit de fabrication du yaourt a révélé que les températures d'incubation mesurées après étuvage des pots sont inférieures aux températures indiquées dans le processus de fabrication (45 °C). Les températures des échantillons prélevés du milieu et du bas de palette après étuvage sont respectivement 32,3 et 31,4 °C (Tableau 1). Ces températures sont significativement ($P < 0.05$) inférieures à celles prélevées du haut de palette (36,3 °C). Ces résultats montrent qu'il existe un problème d'hétérogénéité dans la température de la chambre d'incubation, due à un manque de circulation d'air entre les palettes. Cette différence de température peut être aussi expliquée par le fait que les échantillons du bas et du milieu de palette sont remplis avant ceux du haut de palette, ce qui fait que les échantillons de yaourt placés en bas et en milieu, se sont refroidis plus que les autres d'où une influence négative sur la durée de maturation. Dans ces conditions, le ferment a eu donc moins de temps pour agir, sachant que la température d'ensemencement et d'incubation idéale est de l'ordre de 45 °C selon le diagramme de fabrication utilisé par la centrale laitière. Dans ce sens Winny et Hari (2011) ont insisté sur l'importance de la température d'incubation qui doit être entre 42 et 44°C. Pour résoudre ce problème d'hétérogénéité de température, la ventilation de la chambre d'étuvage doit être plus poussée afin que l'air chaud puisse atteindre les échantillons les plus éloignés. Winny et Hari (2011) ont rapporté

que la qualité des produits fermentés tels que le yaourt dépend non seulement de la qualité du ferment utilisé mais aussi du respect de la température d'étuvage.

Tableau 1 : Variation de la température d'étuvage du yaourt selon la position dans la palette

Température en °C

	Haut	Milieu	Bas
Production 1	37,4	31,4	29,5
Production 2	35,0	31,9	30,5
Production 3	37,4	32,9	33,7
Production 4	35,3	32,9	32,1
Moyenne	36,3 ^a ± 1,30	32,3 ^b ± 0,75	31,4 ^b ± 1,84

Les valeurs affectées de lettres différentes sur une même ligne diffèrent significativement (P<0.05)

Les valeurs de l'acidité ont varié de 64,8 à 74°D. Ces résultats sont conformes aux Normes Tunisiennes NT14-09 (2005), qui exigent une acidité minimale de 60 °D. En effet, l'acidité des échantillons placés en haut de palette (74°D) a été significativement (P<0.05) plus élevée que les autres niveaux, suivi par les échantillons du milieu de palette (72,6 °D) et en dernier lieu les échantillons de bas de palette avec 64,8°D (Tableau 2). Cette différence d'acidité est en relation étroite avec la différence de température entre les échantillons du yaourt en haut, en milieu et en bas de palette. Vue la faiblesse de ventilation dans la chambre d'étuvage l'air chaud a tendance à monter d'où la création d'une différence de température entre le haut, le milieu et le bas de palette. Cette variation de température a une influence directe sur l'homogénéité de l'acidité du lot du yaourt, car plus la température d'incubation est respectée et répartie uniformément, plus l'acidité voulue est atteinte dans les meilleurs délais et d'une manière homogène pour tous les échantillons de yaourt. Masato et al. (2008) ont indiqué qu'une acidité élevée indique la présence d'une activité de fermentation élevée causant une production excessive d'acide lactique qui affecte négativement le goût du yaourt. Selon Syndifrais (1995), il est important que la température d'étuvage soit homogène en tous les points de l'étuve de façon à ce que la fermentation soit régulière.

Tableau 2 : Variation de l'acidité du yaourt selon la position dans la palette après étuvage

Acidité (°D)

	Haut	Milieu	Bas
Production 1	70,0	79,0	69,0
Production 2	73,8	78,5	65,5
Production 3	79,5	69,5	66,0
Production 4	72,8	63,5	58,5
Moyenne	74 ^a ± 3,99	72,6 ^a ± 7,49	64,8 ^b ± 4,44

Les valeurs affectées de lettres différentes sur une même ligne diffèrent significativement (P<0.05)

Les résultats d'analyses du pH indiquées dans le Tableau 3, ont bien confirmé ceux de l'acidité. La valeur du pH la plus faible a été enregistrée pour les échantillons situés en haut de palette (4,75), viennent ensuite les échantillons situés au milieu de palette avec une valeur de l'ordre de 4,83. La valeur moyenne du pH des échantillons placés en bas de palette (4,95) a été significativement différente (P<0.05) de celle des échantillons placés en haut de palette.

Tableau 3 : Variation du pH du yaourt selon la position dans la palette après étuvage

pH	Haut	Milieu	Bas
Production 1	4,87	4,77	4,92
Production 2	4,80	4,78	4,95
Production 3	4,69	4,90	4,96
Production 4	4,65	4,85	4,97
Moyenne	4,75 ^a ± 0,10	4,83 ^{ab} ± 0,06	4,95 ^b ± 0,02

Les valeurs affectées de lettres différentes sur une même ligne diffèrent significativement (P<0.05)

Les mesures de l'extrait sec total (EST) illustrées dans le tableau 4 montrent que les échantillons en HP ont le taux d'EST le plus élevé (137,9 g/l) suivis des échantillons de MP (137,1g/l) et en dernier lieu on trouve les échantillons de BP avec le taux d'EST total le plus faible (135,9 g/l). Cette différence dans les teneurs en EST peut être expliquée par les conditions d'incubation selon les niveaux dans la palette. Généralement, plus les ferments lactiques utilisés dans la production du yaourt se trouvent dans les conditions d'incubation convenables, cas des échantillons de HP et MP, plus le caillot produit est ferme et plus le taux d'EST est élevé. Cependant, plus les conditions d'incubation sont défavorables, cas des échantillons de BP, plus le caillot est mou et plus la teneur en EST est réduite. Winny et Hary (2011) ont rapporté que le yaourt doit contenir un taux minimal d'EST de l'ordre de 115g/l et taux de MG de 32.5g/l.

Tableau 4 : Variation du taux d'EST du yaourt selon la position dans la palette après étuvage

EST (g/l)	HP	MP	BP
Production 1	139,9	138,7	139,4
Production 2	149,0	151,1	148,2
Production 3	142,4	140,7	140,8
Production 4	120,2	117,7	115,3
Moyenne	137,9 ± 12,39	137,1 ± 14,00	135,9 ± 14,28

3.3. Evaluation des conditions de stockage du yaourt

L'évolution de la température du yaourt au cours du stockage est représentée dans la figure 4. Durant le premier jour de stockage on a remarqué que la température la plus élevée a été notée pour les échantillons du bas de palette (9,8°C), suivie par les échantillons placés au milieu de palette (9,3°C). Cette situation nous indique que même dans la chambre froide la température n'est pas répartie d'une manière homogène, ce qui nécessite d'intensifier la ventilation pour remédier à ce problème. Après une semaine de stockage, on a constaté que les températures des échantillons du haut, milieu, et de bas de palette ont augmenté pour atteindre des valeurs de l'ordre de 10,8, 11,2 et 11,3°C, respectivement. Ceci montre qu'il y a soit un défaut de fonctionnement dans le groupe frigorifique, soit que la chambre de stockage n'est pas étanche ou couramment fréquentée, ce qui provoque l'augmentation de la température de stockage. A partir du 14^{ème} jour de stockage, on constate que la température est redescendue pour se stabiliser relativement entre 9,2 et 10,1°C. Après 21 j de stockage dans la chambre froide, les échantillons de yaourt sont restés à des températures variant entre 9,4 et 10,6 °C. Ceci confirme donc que la température de la chambre froide ne peut pas descendre en dessous de 8 °C ce qui engendre une continuité de l'action fermentaire des souches de ferments utilisés et plus précisément le *Lactobacillus bulgaricus*, causant une augmentation de l'acidité du yaourt. Normalement, la température de stockage du yaourt doit être entre 4 et 6°C. Dans ce sens, Ciron et al. (2011) a rapporté que les pots de yaourt doivent être refroidis le plus rapidement possible à 4°C après la sortie de la chambre d'étuvage pour

freiner l'acidification. Vahcic et Hruskar (2000) ont rapporté que le goût du yaourt et la concentration des arômes changent au cours du stockage et dépendent de la température et de la durée de stockage. Selon Syndifrais (1995), les pots de yaourt doivent être stockés entre 2 et 4°C de façon à inhiber l'activité des bactéries lactiques et aussi augmenter la consistance du caillot sous l'action du froid et de l'hydratation des protéines. A des températures de stockage dépassant 8 °C la production d'acide lactique se poursuit accompagnée d'un démarrage de l'hydrolyse des protéines d'où une réduction de fermeté et de viscosité.

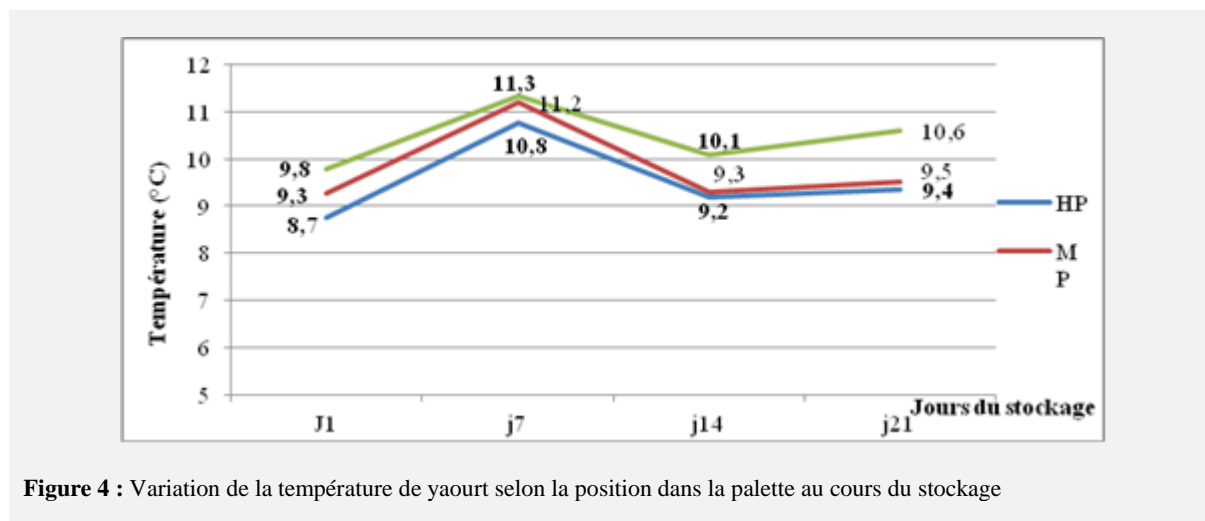


Figure 4 : Variation de la température de yaourt selon la position dans la palette au cours du stockage

3.4. Evolution de l'acidité et du pH

L'acidité du yaourt a continué à évoluer durant le stockage. Après une semaine elle a atteint 82,6°D pour les échantillons en BP contre 85,5°D et 88,9°D respectivement pour les échantillons en MP et HP (figure 5). Lors du troisième contrôle réalisé après 14 j de stockage, l'acidité du yaourt a poursuivi son évolution pour atteindre 86,7°D pour les échantillons BP et 90,8 °D et 92,1 °D respectivement pour les échantillons MP et HP. Ce n'est qu'après 21 j de stockage que l'acidité commence à se stabiliser à 88,2°D pour les échantillons BP et 93,2°D et 91,6°D respectivement pour les MP et HP. Cette augmentation d'acidité lors du stockage a été confirmée par la mesure du pH illustrée dans la figure 6, qui montre que le pH décroît tout au long du processus de stockage à froid. Ceci est en fait dû à la température de stockage qui est relativement élevée et qui laissé l'activité des bactéries lactiques se poursuivre engendrant ainsi l'augmentation de l'acidité. Nayla et al. (2008) ont rapporté que l'acidité convenable du yaourt étuvé est de l'ordre de 84°D. Abrar et al. (2009) ont mentionné qu'une fermentation prolongée et incontrôlée provoque une augmentation de l'acidité et une baisse du pH.

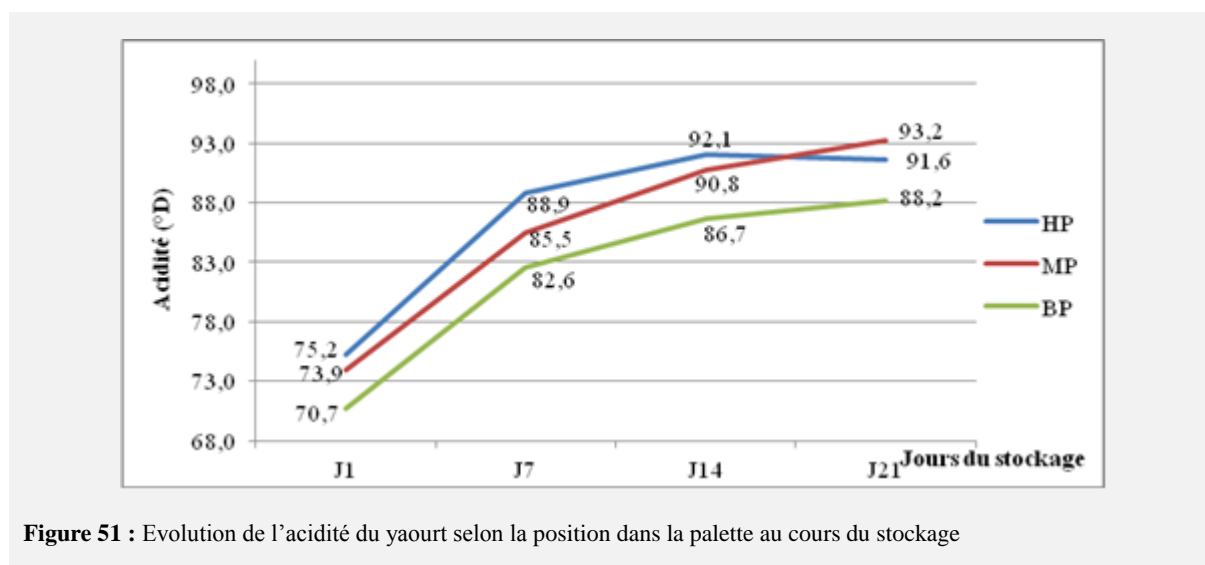


Figure 51 : Evolution de l'acidité du yaourt selon la position dans la palette au cours du stockage

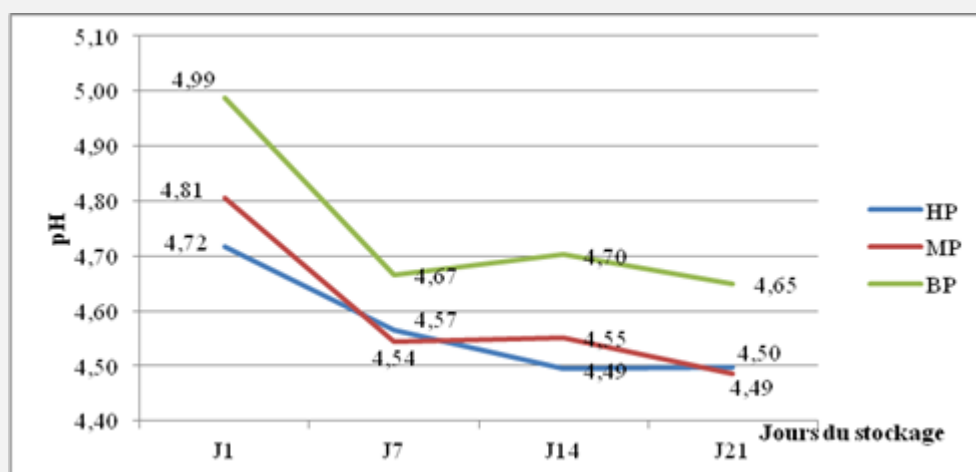


Figure 6 : Evolution du pH du yaourt selon la position dans la palette au cours du stockage

La synérèse correspond à l'expulsion active d'une partie du lactosérum par contraction du caillot. La figure 7 montre l'évolution du processus de synérèse durant la période de stockage du yaourt dans la chambre froide. Lors de premier jour de stockage (J1) la synérèse dans les échantillons de yaourt se trouvant à différents niveaux dans la palette n'a pas dépassé 0,4 ml /100g de yaourt. Après 7 jours de stockage la synérèse a significativement augmenté et elle est passée à presque 1,7 ml / 100g de yaourt pour tous les échantillons. Après 21 jours de stockage la synérèse a encore augmenté significativement ($P < 0.05$) pour tous les échantillons pour atteindre une moyenne 7,7 ml / 100g de yaourt. Nayla et al. (2008) ont trouvé un volume de synérèse plus important (12,3 ml / 100g) après uniquement 4 jours de stockage à 10°C. La synérèse est proportionnelle à l'évolution de l'acidité tout au long du processus de stockage surtout si la température n'est pas respectée. Elle considérée comme un défaut de fabrication (Syndifrais, 1995).

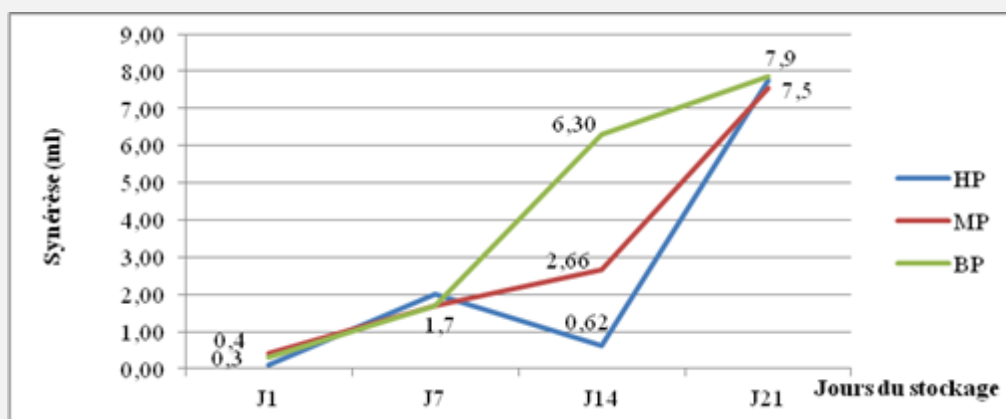


Figure 7 : Evolution de la synérèse du yaourt selon la position dans la palette au cours du stockage

La mesure de la viscosité du yaourt au cours du stockage a révélé qu'elle est instable (figure 8). En effet, on a noté que la valeur de viscosité du yaourt a varié entre 3500 mPa.s et 8000 mPa.s. Cette variation peut être due à l'absence de standardisation tenant en compte la qualité du lait cru utilisé. En fait la quantité du lait en poudre ajoutée par l'industriel a été constante quelque soit la qualité du lait cru, ce qui a provoqué une variation de la viscosité d'une production à une autre. Normalement la standardisation doit être réalisée en tenant compte de la composition physico-chimique du lait cru de départ (teneur en EST et en MG). Donc plus la qualité du lait cru réceptionné est stable et bonne plus

on obtient un produit fini de meilleure qualité. En effet, l'extrait sec total est un facteur très important dans le processus de fabrication du yaourt. Il permet de stabiliser la texture. Ceci est affirmé par Lamontagne (2002) qui a rapporté que l'extrait sec conditionne la consistance et la viscosité du produit, c'est pour cette raison qu'il est indispensable de standardiser l'extrait sec avant de commencer la production du yaourt. Selon Ott et al. (1991), une teneur en extrait sec faible a un effet négatif sur la fermeté du produit. Kessler (1998) a montré que la standardisation en matière grasse (32 % MG) permet d'obtenir un yaourt onctueux et une texture ferme. Selon Syndifrais (1995), la consistance et la viscosité du yaourt dépend de la matière sèche du lait, en plus la MG confère de l'onctuosité et masque l'acidité excessive tout en améliorant la saveur.

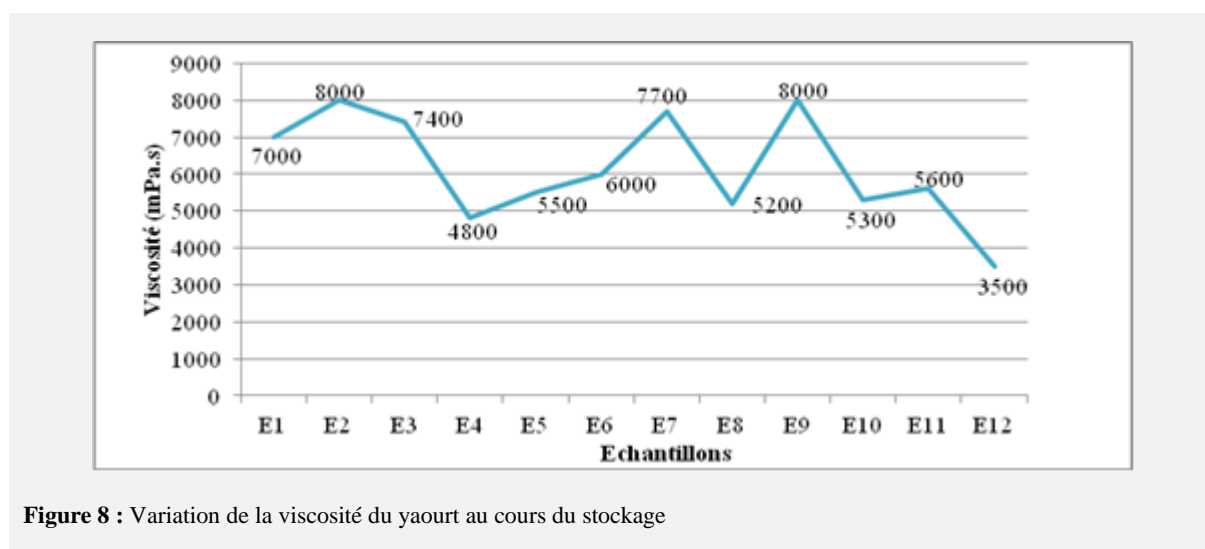


Figure 8 : Variation de la viscosité du yaourt au cours du stockage

4. Conclusion

Dans un marché fortement concurrentiel l'industriel se trouve dans l'obligation de présenter un produit alimentaire salubre et de bonne qualité. Une maîtrise du processus de fabrication et la mise en place des analyses d'autocontrôle, sont nécessaires afin de garantir une stabilité de la qualité du produit. Les résultats de ce travail nous mènent à déduire que l'industriel concerné par cette étude doit être plus stricte dans le choix de la qualité du lait cru utilisé. Des problèmes de ventilation dans la chambre d'étuvage et de stockage ont été révélés et qui doivent être résolu à fin de garantir une qualité convenable et stable de toutes ses productions, sans oublier la standardisation de la teneur en extrait sec total et en matière grasse en tenant en considération la composition physico-chimique du lait cru de départ.

5. Références

- Abrar M, Anjum F.R, Zahoor T, Rahman S.U, Hussain S, Ahmad S (2009)** Chemical and sensory characteristics of yoghurt prepared by locally isolated and commercially imported starter cultures. *Milchwissenschaft*. 64(4): 392-395.
- Alais C (1984)** Sciences du lait (4ème édition), Sepatic, Paris : 814 p.
- Amiot J, Fournier S, Lebeuf Y, Paquin P, Simpson R, Turgeon H (2002)** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. Dans : *Sciences et Technologie du Lait*, Presses internationales Polytechnique, Montréal, p. 1-73.
- Bocquier, E (1985)** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). *INRA Prod Anim* 4(3) :219-228.
- Ciron E, Gee L, Kelly L, Auty E (2011)** Effects of Microfluidization of heat-treated milk on rheology and sensory properties of reduced-fat yoghurt. *Food Hydrocolloids* 25(6): 1470-1476.
- Coulon J B, Roybin D, Congy E, Garret A (1988)** Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache : facteurs de variations dans les exploitations du pays de thônes. *INRA Prod Anim* 1(4) : 253-263.
- Coulon JB, Chilliard Y, Rémond B (1991)** Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). *INRA Prod Anim* 4(3) : 219-228.
- Courrieu G et Luquet F M (2005)** Bactéries lactiques et probiotiques. In: *Application des bactéries lactiques dans les produits laitiers frais et effet probiotiques* 1-100, Tec et Doc, Paris, 307 p.

- Heertje I, Visser J, Smits P (1985)** Structure formation in acid milk gels. *Food Microstructure*, 4 : 267-277.
- Jeantet R., Croguennec Th, Mahaut M, Schuck P, Brulé G (2008)** Les produits laitiers. 2ème édition. Ref : MPBC0EBM3054457.
- Kessler H G (1998)** The structure of fermented milk products as influenced by technology and composition. In *Texture of fermented milk products and dairy dessert. Proceedings of the IDF Symposium*. Vicenza, Italy, 56, May 1997, 93105.
- Lamontagne M (2002)** Produits laitiers fermentés. *Science et Technologie du Lait : transformation du lait*, Presses Internationales Polytechnique, Quebec, p 417-469.
- Luquet F M (1985)** Lait et produits laitiers. Vache, Brebis, chèvre: Transformation et technologies.- Paris : éd Technique et documentation-Lavoisier. 633p.
- Mahaut M, Jeantet R, Brulé G, Schuck P (2008)** Les produits industriels laitiers. 2ème édition, Tec & Doc, Lavoisier, Paris: 183p.
- Mahieu H (1994)** Facteurs de variation de la production et de la composition du lait. *Techniques agricoles*: p 22-27.
- Masato O, Yoshiaki M, Toshihide N (2008)** Sensory Properties and Taste Compounds of Fermented Milk Produced by *Lactococcus lactis* and *Streptococcus thermophilus* .*Food Science and Technology Research* 14(2): 183-189.
- Nayla A, Gilani AH, Naheed A (2008)** Assessment of the quality of conventional yogurt as affected by storage. *Pak.J. Agri.Sci.*, Vol.45 (2).
- NT 14-28(1983)** Détermination de l'acidité titrable du lait.
- NT 14-29(1983)** Détermination de la densité de lait.
- NT 14-32 (1983)** Détermination de la teneur en matière grasse du yaourt étuvé
- NT 14-09 (2005)** Production et caractéristiques du yaourt étuvé.
- NT 14-141 (2007)** Critères d'acceptation du lait cru de mélange destiné à la transformation.
- Ott A, Hugi A, Baumgartner M, Chaintreau A (2000)** Sensory investigation of yaourt Flavour Perception: Mutual Influence of Volatiles and Acidity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48 : 441-450
- Slavador A, Fiszman S M, Ana C, Hough G (2005)** Survival Analysis Applied to Sensory Shelf Life of Yogurts– II: Spanish Formulations. *Journal of Food Science*. 70 (7): 446-449.
- Syndifrais (1995)** Mission Scientifique. Yaourts, laits fermentés. *Le Lait*, INRA Editions, 1997, 77 (3) : 321-358.
- Tamime A Y, Kalab M, Davies G (1984)** Microstructure of set style yoghurt manufactured from cow's milk fortified by various methods. *Food Microstructure*, 3 : 83-92.
- Tamime A Y, Robinson R K (1985)** *Yoghurt Science and Technology*, 1ère édition, Pergamon Press, p 431.
- Vahcic N, Hruskar M (2000)** Slovenian fermented milk with probiotics. *Zb Biotehniške fak Univ Ljubljani Kmetijstvo Zootehnika* 76(2): 41-6.
- Winy R, Hari N M (2011)** Scientific and Technical Aspects of Yogurt Aroma and Taste: A Review. 10 (4) : 208-220
- Zourari A et Desmazeaud M J (1995)** Caractérisation de bactéries lactiques thermophiles isolées de yaourts artisanaux grecs. II. Souches de *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* et cultures mixtes avec *Streptococcus salivarius* subsp *thermophilus*. *Le Lait* 71 (4) : 463-482.