



The 1st International Conference on Local Resource Exploitation

www.lorexp.org / info@lorexp.org

REF: LOREXP_2021_A1228 Pages: 641–657



Influence du temps d'égouttage et de la concentration en carottes sur les qualités texturales et l'appréciation générale des fromages frais

Influence of draining time and carrot concentration on textural qualities and general appreciation of fresh cheeses

Arnaud Romuald Towa Miyo¹, Yvette Jiokap Nono^{1,*}, Augustin Mbawala²

¹Laboratoire d'Analyses, Simulation et Essais (LASE), Département de Génie Chimique et Environnement, IUT, Université de Ngaoundéré-Cameroun, B.P. 455.

²Département de Sciences Alimentaires et Nutrition, ENSAI, Université de Ngaoundéré-Cameroun, B.P. 455.

* Corresponding Author: jiokapnonoy@yahoo.fr

RÉSUMÉ :

Ce travail avait pour objectif de déterminer les conditions optimales de production de fromages frais additionnés de carottes prétraitées. Trois types de prétraitements ont été appliqués aux carottes : le blanchiment et déshydratation imprégnation par immersion (DII), le blanchiment suivi de la DII puis du séchage et enfin, le blanchiment suivi du séchage. Pour cette étude, un plan de surface de réponse (plan de Doehlert) a été utilisé, avec comme facteurs, le temps d'égouttage et la concentration en carottes, et comme réponses, les caractéristiques texturales et organoleptiques des fromages obtenus. Les paramètres de blanchiment, de déshydratation osmotique et de séchage ont été issus de la littérature et ont été les mêmes pour tous les essais du plan d'expérience. La déshydratation imprégnation par immersion dans une solution mixte de saccharose (50 °B) et de chlorure de sodium (5 %), à la température de 55 °C, avec un rapport produit/solution de 1/4 et pendant 3h, ont permis d'obtenir des valeurs de perte en eau (PE) de $63,8 \pm 0,4$ %, de réduction de poids (RP) égale à $47,2 \pm 0,7$ % et de gain en soluté (GS) de $16,6 \pm 0,3$ %. Les trois prétraitements appliqués aux carottes ont fourni des fromages de bonne qualité organoleptiques d'après les dégustateurs. L'optimisation a donné des valeurs optimales de temps d'égouttage et de concentration en carottes respectivement de 21,51 heures et 19,14 % pour le fromage FCBD (avec carottes prétraitées par blanchiment-DII), de 20,75 heures et 24 % pour le fromage FCBDS (avec carottes prétraitées par blanchiment-DII-Séchage) et de 18,75 heures et 18 % pour le fromage FCBS (avec carottes prétraitées par blanchiment-Séchage). Ce qui a conduit à des valeurs respectives de fermeté et d'acidité de $0,37 \pm 0,03$ N et $1,60 \pm 0,05$ % (g/100 g de fromage) pour le fromage FCBD, de $0,38 \pm 0,02$ N et $1,79 \pm 0,04$ % (g/100 g) pour le fromage FCBDS et de $0,88 \pm 0,06$ N et $1,92 \pm 0,02$ % (g/100 g) pour le fromage FCBS.

Mots clés : Fromage, Coagulation lactique, Carottes, Fermeté, Acidité, Optimisation.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the optimum conditions for the production of fresh cheeses, with the addition of pretreated carrots. Three types of pretreatments were applied to carrots: blanching followed by dehydration impregnation by immersion (DII), bleaching followed by DII then drying and finally, blanching followed by drying. For this study, a Doehlert response surface design was used, with the draining time and carrot concentration as factors, and the textural and organoleptic characteristics of the cheeses obtained as responses. The bleaching, osmotic dehydration and drying parameters were taken from the literature and were the same for all trials in the experimental design. Dehydration impregnation by immersion in a mixed solution of sucrose (50 °B) and sodium chloride (5 %), at a temperature of 55 °C, with a product/solution ratio 1/4 and for 3 hours, made it possible to obtain values of water loss (PE) of 63.8 ± 0.4 %, weight reduction (RP) equal to 47.2 ± 0.7 % and solute gain (GS) of 16.6 ± 0.3 %. The three pretreatments applied to carrots produced cheeses of good organoleptic quality, according to the tasters. The optimization made gave optimal values of draining time and carrot concentration respectively of 21.51 hours and 19.14 % for FCBD cheese (with carrots pretreated by blanching-DII), of 20.75 hours and 24 % for FCBDS cheese (with carrots pretreated by blanching-DII-Drying) and 18.75 hours and 18 % for FCBS cheese (with carrots pretreated by blanching-Drying). This led to respective firmness and acidity values of 0.37 ± 0.03 N and 1.60 ± 0.05 % (g/100 g of cheese) for the FCBD cheese, of 0.38 ± 0.02 N and 1.79 ± 0.04 % (g/100 g) for FCBDS cheese and 0.88 ± 0.06 N and 1.92 ± 0.02 % (g/100 g) for FCBS cheese.

Keywords: Cheese, Lactic coagulation, Carrots, Firmness, Acidity, Optimization.

1. INTRODUCTION

L'accès à des régimes meilleurs et plus diversifiés est la clé pour combattre les problèmes de malnutrition. Se nourrir, mais surtout bien se nourrir, tel est le souci principal de la plupart des gouvernements des pays en développement et de certains pays développés, avec l'appui des organismes internationaux ; car la bonne nutrition, un régime adéquat et la bonne santé sont essentiels pour la croissance des enfants et leur développement, la maintenance du corps et la protection contre les maladies infectieuses et non transmissibles dans la vie de l'adulte (FAO, 2013). Cependant, en dépit des progrès réalisés dans la réduction de ces problèmes dans certains pays et régions, plusieurs millions d'adultes et d'enfants continuent d'être affectés par une ou plusieurs déficiences en nutriment. La crise alimentaire de 2008 et 2009 ayant attiré l'attention des gouvernements sur l'importance de la sécurité alimentaire et nutritionnelle comme un composant fondamental du développement socio-économique et de la stabilité politique (FAO, 2013), il faut donc trouver des moyens qui permettent d'avoir dans l'alimentation tous les nutriments y compris les vitamines et les sels minéraux.

Parmi les aliments disponibles et contenant de nombreux nutriments, on peut citer le lait (FAO, 2013 ; Guinee et O'Callaghan, 2010 ; Walstra et al., 2006 ; Frédot, 2005). La production mondiale de lait en 2013 est estimée à 746 707 663 tonnes (FAOSTAT, 2015). Depuis 2003, la production de lait en Afrique a augmenté en moyenne de moins de 1 % par an, due aux problèmes causés par le climat adverse et la pauvreté (FAO, 2009). En 2013, la production de l'Afrique ne représentait que 5,9 % de la production mondiale (FAOSTAT, 2015). Au Cameroun en particulier, la production laitière est estimée à 246 572 tonnes en 2019 (FAOSTAT, 2021), avec une production journalière de lait variant entre 0,85 et 2 litres par vache en fonction de la saison. Malgré l'importance du cheptel bovin, et les efforts de l'État camerounais dans l'importation de génisses en vue de doper la production laitière locale, celle-ci ne suffit pas à couvrir la demande (MINEPIA/PRODEL, 2020), dont la consommation est bien inférieure à la consommation moyenne mondiale de 45 kg par habitant et par an en moyenne (ACDIC, 2006). Le Cameroun a donc généralement recours aux importations de lait sous les formes concentrée ou en poudre. Entre 2012 et 2016, la quantité totale de lait et produits laitiers importée a été de 124 891 tonnes (INS, 2017). C'est pourquoi, les politiques de gestion active des industries de transformation laitière visent à stimuler la production domestique de lait, à créer une abondance dans les communautés essentiellement agricoles et à réduire le coût des importations (FAO, 2009).

De nos jours, la consommation de lait au Cameroun se fait sous la forme fraîche, ou alors sous les formes transformées telles que le yaourt, la crème, le beurre et le fromage. De tous ces produits, le fromage présente un avantage particulier du fait qu'il se conserve plus longtemps, est facile à transporter et on peut en tirer un grand profit (Ebing et Rutgers, 2006 ; Jiokap Nono et al., 2006). Le fromage présente aussi un avantage pour les diabétiques et les sujets intolérants au lactose, du fait de la conversion du lactose en acide lactique lors du procédé de production (Ebing et Rutgers, 2006). Alors que la production de fromage dans le monde a connu une augmentation considérable, passant de 17 613 647,98 tonnes en 2003 à 21 331 378,31 tonnes en 2013 (FAOSTAT, 2015), au Cameroun, les données statistiques de production ne sont pas définies, car la production se fait de façon artisanale. Toutefois, la quantité de fromage importée entre 2012 et 2016 au Cameroun a été en moyenne de 343 tonne/an (INS, 2017). Par conséquent, la mise sur pied d'une industrie fromagère permettrait de valoriser le lait local, de réduire les importations en fromage et de créer des emplois.

La production de fromage nécessite un agent coagulant. Il s'agit le plus souvent de la présure ou d'un mélange présure/levains lactiques. Cette présure est chère et absente des marchés locaux (Libouga et al., 2008). D'autre part, l'utilisation d'agents coagulants d'origine végétale a conduit à des fromages amers du fait d'une activité protéolytique élevée (Lo Piero et al., 2002). Nos travaux en interne, suggèrent l'utilisation exclusive des ferments lactiques pour la coagulation du lait, en lieu et place des agents coagulants onéreux. Toutefois, les qualités organoleptiques peu appréciées des fromages obtenus nécessite de s'attarder sur les facteurs d'égouttage et sur la possibilité d'incorporer des légumes, en vue d'améliorer les composantes organoleptique et nutritionnelle du produit final. En plus, cet apport en légumes permettrait de réduire les pertes post-récolte observées, dues au manque de moyens de conservation et qui s'élèvent à environ 25 % de la production agricole (le journal Investir au Cameroun du 20 Octobre 2014). Parmi les légumes cultivés au Cameroun, la carotte occupe une place de choix, de par ses propriétés sensorielles charmantes et ses vertus thérapeutiques remarquables (Tirilly et Bourgeois, 1999). Au Cameroun, les données statistiques de production de la carotte ne sont pas encore bien définies. Cependant, le Cameroun exporte la carotte en direction des pays de la sous-région Afrique centrale. En 2010 par exemple, la quantité de carotte exportée était de 670,2 tonnes (MINADER/DESA/AGRISTAT, 2012). A Ngaoundéré en particulier, les informations obtenues auprès des

maraichers ont révélé six (06) principales localités de production que sont Marza, Corma, Ngaoundai, Velambai, Jacobol (Bantai) et Dang. A notre connaissance, aucun travail n'a encore étudié sur l'influence du temps d'égouttage, et la mise œuvre des carottes prétraités ou non, sur les caractéristiques texturales et organoleptiques des fromages à coagulation exclusivement lactique. Ainsi, l'objectif de notre travail est de faire une étude des caractéristiques texturales et organoleptiques des fromages à coagulation exclusivement lactique, additionnés de carottes prétraitées ou non et d'optimiser les conditions de production.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel biologique

Il se compose des carottes (*Daucus carota* L.) de la variété Vickima (Figure 1) et de couleur orangée, récoltées dans la localité de Marza à Ngaoundéré, de lait en poudre entier (basse température), du lait entier UHT et des ferments lactiques pour yaourt, de la marque Alsa. Ces matériels ont été achetés au marché de Ngaoundéré puis soigneusement conservés à l'abri de l'humidité et de la lumière.



Figure 1 : Carotte de la variété Vickima

Les ferments (bactéries lactiques), conditionnés dans des sachets de 2 g, ont été achetés sous forme lyophilisés (en poudre) dans un supermarché de la ville de Ngaoundéré. Ils sont constitués d'un mélange équitable de souches pour la production de yaourt : *Lactobacillus delbruecki* ssp. *bulgaricus* et *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*. Ces souches sont très connues et sont les plus répandues en région subtropicale.

2.1.2. Outils et Logiciels

Les logiciels tels que Microsoft Excel 2013, Statgraphics Centurion XV.II (STATPOINT, Inc), Minitab 17 (Minitab Inc. 2013) et SigmaPlot 11.0 (Systat Software, Inc.) ont été utilisés pour le traitement des données, l'analyse et la modélisation statistiques, ainsi que la détermination des paramètres optima de production.

2.2. Méthodes

2.2.1. Préparation des échantillons de carottes

Les carottes ont tout d'abord été lavées à l'eau pour enlever les restes de terre, puis introduites dans une solution contenant de l'eau et quelques gouttes d'eau de Javel pour une désinfection et un second lavage avant d'être ensuite rincées avec de l'eau potable puis pelées. Les carottes ont ensuite été découpées en cubes de 1 cm en moyenne (Figure 2) pour faciliter le transfert de matière au cours des différents prétraitements (Kowalska et al., 2008).



Figure 2 : Echantillon de carottes découpées

2.2.2. Procédé de prétraitement des carottes et fabrication du fromage aux carottes

- *Couplage Blanchiment - DII*

Les carottes découpées en cubes sont pesées à l'aide d'une balance de marque Gibertini (SER No 125186, EU-C 502 ; $\Delta m = 0,01g$) et versées dans une passoire, le tout est introduit dans de l'eau bouillante pour effectuer le blanchiment pendant 30 s (Ferradji et al, 2013). Les carottes blanchies sont ensuite introduites dans une solution composée de saccharose 50 % (p/p) et de sel 5 % (p/p) (Changrue, 2006) préalablement portée au Bain-marie (Memmert, 854 DIN 40050-IP20, Germany) à 55 °C (Ferradji et al., 2013). Le rapport produit/solution a été fixé à 1/4 (Singh et al., 1999). Ainsi, la DII a été conduite pendant 3 heures (Ferradji et al., 2013) en agitant le mélange toutes les 30 minutes. A la fin de l'opération, les carottes sont enlevées de la solution et versées sur un papier filtre pour éliminer la solution en surface du produit avant d'être à nouveau pesées.

- *Couplage Blanchiment - Séchage*

Les carottes découpées sont pesées à l'aide d'une balance de marque Sartorius (Sartorius AGGÖTTINGEN BL6100 ; $d=0,1g$, Germany) et blanchies dans de l'eau bouillante (environ 100 °C) pendant 30 s (Ferradji et al, 2013) avant d'être séchées à 65 °C pendant 6 heures dans une étuve ventilée (Memmert, France). La masse du produit est aussi prise à la fin de l'opération pour déterminer la quantité d'eau perdue par le produit.

- *Combinaison Blanchiment - DII - Séchage*

Les carottes découpées sont pesées avant de subir un blanchiment et une DII dans les mêmes conditions décrites plus haut, elles sont à nouveau pesées après la DII et séchées dans l'étuve ventilée selon les paramètres optimaux de 55 °C pendant 6 heures proposés par Kowalski et Mierzwa, 2011.

- *Production de fromage*

La fabrication du fromage commence d'abord par la reconstitution du lait à 140 g/L, puis le lait reconstitué est filtré à l'aide d'une mousseline pour éliminer les particules non dissoutes, il s'en suit une étape de pasteurisation à 85 °C pendant 15 s, puis un refroidissement rapide jusqu'à environ 40 °C. Le lait pasteurisé estensemencé avec les ferments lactiques à 2,5 % et introduit à l'étuve (fermenteur) pour la fermentation à 45 °C pendant 4 heures. Le caillé obtenu est ensuite conservé à 20 °C pendant 24 heures pour la maturation avant d'être égoutté à 18 °C. Ces conditions de production ont été établies à partir des essais préliminaires. Au fromage obtenu, sont ajoutées les carottes préalablement prétraitées. Le tout est homogénéisé, puis moulé dans un moule de 3 cm de hauteur et de 2,5 de diamètre, le produit final obtenu est placé au réfrigérateur à 4 °C.

2.2.3. Caractérisation physico-chimique de la matière première et du produit final

La détermination de la matière sèche, s'est faite à l'étuve à 105 °C. Les cendres totales ont été quantifiées par la méthode décrite dans AFNOR (1981). Les lipides totaux sont extraits au Soxhlet selon la méthode Russe décrite par Bourely (1982). Les sucres solubles et les sucres totaux ont été extraits et dosés selon la méthode décrite par Fischer et Stein (1961). La teneur en fibre des échantillons d'ananas frais et prétraités a été déterminée selon la méthode de Weende (Wolff, 1968). La détermination de l'acidité titrable s'est effectuée selon la méthode AOAC (2003) avec la soude (NaOH) 0,1 N en présence de la phénophtaléine. La teneur en matière azotée totale a été déterminée selon la méthode KJELDAHL (ISO/TS 17837 : 2008). Le texturomètre BROOKFIELD LRFA Texturometer Analyser (Type LFRA 4500, Numéros de série : TD1115) a permis de mesurer la force de pénétration de divers produits solides. Le test normal a été conduit, avec une vitesse d'avancement de la sonde de 0,1mm/s, sur une distance de 10 mm, sur des fromages frais ayant séjourné 24 h au réfrigérateur à 4 °C.

2.2.4. Modélisation Statistique

- *Facteurs et réponses du plan d'expériences*

Les différents facteurs retenus pour notre étude sont : Le temps d'égouttage (X_1) et la concentration en carottes (X_2). Les différents niveaux d'étude pour chaque facteur défini pour notre travail sont résumés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Domaine d'étude du plan d'expérience.

Niveau	-1	-0,866	- 0,5	0	0,5	0,866	1
Facteurs							
X_1 (h)	3,00	-	8,25	13,50	18,75	-	24,00
X_2 (%)	-	11,34	-	20,00	-	28,66	-

X_1 représente le temps d'égouttage et X_2 la concentration en carottes.

Dans l'optique d'avoir un produit qui se conserve plus longtemps et d'améliorer les qualités nutritionnelles et organoleptiques du fromage aux carottes, la fermeté (Y_f) et l'acidité (Y_a) ont été définies comme réponses. La fermeté est l'une des caractéristiques principales des fromages (Gunasekaran et Ak, 2003 ; Fox et al., 2000). En effet, la fermeté augmente généralement lorsque la teneur en eau dans le produit diminue (Gunasekaran et Ak, 2003). La fermeté a été mesurée à l'aide d'un texturomètre BROOKFIELD (BROOKFIELD LRFA Texturometer Analyser, LFRA 4500, No TD 1115) qui donne en termes de masse (en grammes) la valeur maximale de la résistance à l'avancement de la sonde (sonde conique de 60° d'angle) rencontrée sur le parcours (Peak load) et la valeur de la résistance en fin de parcours (Final load) dans le produit. La force de pénétration qui exprime la fermeté du produit est donc calculée par l'expression de l'équation 1 :

$$F = m \cdot g \quad (1)$$

Où F représente la fermeté (N) ; m la valeur maximale lue par l'appareil (kg) et g est l'accélération de la pesanteur ($g=10N/kg$). Les caractéristiques définies lors de la mesure sont les suivantes : Test normal ; Trigger : 1,0 g ; Distance : 5,0 mm ; Vitesse : 0,1 mm/s. Pour que le produit final obtenu se conserve plus longtemps, il faut que la fermeté soit élevée. L'acidité, en g d'acide lactique/100 g de fromage, est aussi l'un des paramètres importants dans la fabrication des fromages car elle a une influence sur le goût du produit. La mesure de l'acidité se fait par titration en présence de soude 0,1N. Dans le cadre de notre travail, une acidité moyenne serait acceptable pour le produit.

- *Choix du plan d'expérience*

Pour cette étude, la matrice expérimentale donnée par le plan de Doehlert a été utilisée. Le modèle mathématique a priori est de type polynomial du second degré avec interactions. Son expression est donnée par l'équation 2 :

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 \quad (2)$$

La détermination des coefficients du modèle empirique proposé et son analyse statistique se sont effectuées à l'aide du logiciel Statgraphic centurion 5.0.

2.2.5. Validation du modèle

Plusieurs paramètres ont été utilisés comme critères de validation des modèles, à savoir, le coefficient de détermination R^2 , le R^2 carré ajusté, l'analyse absolue de déviation moyenne et le facteur de biais (Joglekar et May, 1987 ; Dalgaard et Jorgensen, 1998 ; Bas et al., 2006).

2.2.6. Détermination des paramètres optimums de production

La détermination du temps optimal d'égouttage et de la concentration optimale en carottes pour la production s'est faite à l'aide du logiciel SigmaPlot 11.0 (Systat Software, Inc.) en représentant graphiquement les courbes iso-réponses de chacune des réponses et en superposant celles-ci pour déterminer le point ou la zone optimale. La détermination de ce point ou de cette zone permet donc de trouver les valeurs optimales des facteurs définis pour l'optimisation.

2.2.7. Analyse microbiologique des fromages obtenus après optimisation

Une analyse microbiologique des fromages optima obtenus a été faite pour vérifier d'une part que les produits optimums obtenus respectent les normes microbiologiques et donc ne présentent aucun danger pour les consommateurs et d'autre part pour voir la nécessité d'un traitement thermique des carottes avant incorporation dans le fromage. Les échantillons ont donc été divisés en deux lots pour chaque prétraitement : un lot contenant les carottes n'ayant pas subi de traitement thermique et un lot contenant les carottes ayant subi une pasteurisation à 72 °C/20 min. Les méthodes d'analyses employées sont en partie celles décrites par Guiraud (1998) et Larpent (1997). L'analyse microbiologique des échantillons est réalisée en trois étapes : la préparation des dilutions, l'ensemencement dans le milieu de culture et le dénombrement des microorganismes. Pour chaque germe recherché, deux répétitions ont été faites par échantillon. Les analyses suivantes ont été réalisées : Recherche de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) sur milieu PCA (Plate Count Agar) et interprétation selon la norme AFNOR V08-01 ; recherche de Salmonella, sur le milieu SS et interprétation selon la norme AFNOR V08 013 ; recherche des coliformes, sur le milieu Mac conkey et interprétation selon la norme ISO 16649-1 ou 2 ; recherche des staphylocoques à coagulase positive y compris Staphylococcus aureus sur le milieu Staphylococcus Agar et interprétation selon la Norme EN/ISO 6888-1 ou 2 ; recherche des Clostridium sulfite-réducteurs sur le milieu TSN (Tryptone sulfite néomycine) et interprétation ; recherche des levures et moisissures sur le milieu PDA (Potato Dextrose Agar) et interprétation selon le règlement 2073/2005/CE ; recherche des Streptocoques fécaux sur milieu sélectif BEA (Bile Aesculin Agar) et interprétation.

2.2.7. Analyse sensorielle des produits finaux

Afin d'avoir une idée sur les caractéristiques sensorielles et l'appréciation générale des différents produits, une analyse sensorielle a été effectuée avec un panel formé, constitué de 20 personnes des deux sexes. Les descripteurs (apparence, goût, arôme et appréciation générale) utilisés ont été choisis sur la base de tests de dégustation préliminaire.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Composition physico-chimique des matières

Le Tableau 2 donne les résultats d'analyse de la composition chimique des matières premières utilisées.

Tableau 2 : Composition chimique de la matière première utilisée (en g/100 g de matière humide).

	Eau	Protéines	Sucres	Lipides	Fibres	Cendres
Carotte fraîches	92,52 ± 0,20	1,31 ± 0,02	7,97 ± 0,32	0,73 ± 0,03	8,16 ± 0,09	0,33 ± 0,05
Lait	4,01 ± 0,32	26,17 ± 0,55	40,90 ± 0,12	29,30 ± 0,35	-	3,01 ± 0,94

Au regard du Tableau 2, on constate que la variété de carotte utilisée est composée en grande partie d'eau (92,52 %), mais contient aussi une quantité importante de sucres (7,97 %) et de fibres (8,16 %). Bien que les quantités de lipides (0,73 %), de protéines (1,31 %) et de cendres (0,33 %) soient faibles, on peut dire que la carotte contient tous les nutriments nécessaires à la croissance et au développement du corps surtout qu'il lui est attribué de nombreuses propriétés thérapeutiques. Les résultats obtenus sont légèrement différents de ceux donnés par USDA et Gopalan et al. (1989). En effet, ceux-ci ont montré respectivement des valeurs de 88,29 % et 86 % pour la teneur en eau ; 0,93 % et 0,9 % pour le taux de protéines ; 0,24 % et 0,2 % pour la quantité de lipides ; 9,58 % et 10,6 % pour les sucres ; 2,8 % et 1,2 % pour les fibres et enfin 0,97 % et 1,1 % pour la teneur en cendres. La différence observée entre ces réponses peut résulter des facteurs comme le climat, la fertilité du sol de la localité de culture, la variété, la maturité de la plante et la période de récolte. En effet, Sarkar et sharma (2011) ont montré que la croissance et la composition de la carotte dépend du sol, du climat et des pratiques de culture.

Les carottes traitées par blanchiment et DII (C1), les carottes traités par blanchiment, DII et séchage (C2) et les carottes traitées par blanchiment et séchage (C3) ont présenté des teneurs en eau significativement différentes au seuil de 5 %, et respectivement de 54,40 ± 0,58 ; 17,51 ± 0,73 et 9,70 ± 0,12 g/100 g de matière humide.

L'étude des paramètres de la déshydratation imprégnation par immersion (DII) des carottes montre que la perte d'eau (PE), la réduction de poids (RP) et le gain en soluté (GS) après DII sont respectivement de 63,8 %, 47,2 % et 16,6 %. Des travaux similaires effectués par Ferradji et al. (2013) ont montré une perte en eau de 74,12 %, une réduction de poids de 69,56 % et un gain de soluté de 7,13 %. Cependant, Misljenovic et al. (2012) ont trouvé une perte en eau de 70 % et un gain de soluté de 8 à 9 % aux conditions optimales de 4 heures à 60 °C avec une concentration en sucre de 66 %. La différence observée au niveau de la perte en eau et du gain en soluté s'explique par le fait que ces auteurs ont utilisé une concentration plus grande (sucre à 60 °Brix pour le premier et à 66 % pour le second). En effet, plusieurs auteurs (Kowalski et Mierzwa, 2011 ; Vasquez-vila et al., 2009) ont montré que la perte d'eau et le gain en soluté augmentent avec la concentration de la solution. Une autre raison qui pourrait expliquer la différence de résultats observée par rapport à ces auteurs est liée à la température et à la durée de traitement car les transferts d'eau sont favorisés par des températures élevées (Bchir et al., 2011). D'autre part, Kowalska et al. (2008) ont montré que les différents paramètres étudiés augmentent avec le temps de traitement.

3.2. Caractérisation du coagulum à différents temps d'égouttage

Les caractéristiques physico-chimiques du coagulum en fonction du temps d'égouttage sont présentées dans le Tableau 3. Il se dégage de ce tableau que pendant l'égouttage, la teneur en eau, le pH et le taux de cendres du coagulum diminuent. Celui-ci diminue avec l'augmentation du temps d'égouttage jusqu'à atteindre des valeurs sensiblement égales vers 18,75 heures d'égouttage. En effet, il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 %, entre les échantillons de fromage à 18,75 h et à 24 h d'égouttage. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que lors des manipulations, l'écoulement du lactosérum n'est plus possible après 18 heures, ainsi, la perte en eau se fait par évaporation et le produit conserve presque tous ses constituants. On remarque aussi pendant les expériences, une

décroissance de près de 10 % de la masse sèche du produit. Ces diminutions s'expliquent par le fait que lors de l'égouttage, l'écoulement du lactosérum s'accompagne de la perte d'une partie des constituants de la masse sèche, à travers les mailles de la mousseline (Walstra et al. 2006 ; Frédot, 2005). Pendant l'égouttage, on note une activité des bactéries lactiques qui se traduit par une augmentation de l'acidité avec l'augmentation du temps d'égouttage. Cette acidification pourrait être arrêtée lorsque l'activité de l'eau dans le produit ne sera plus favorable à l'action des souches lactiques.

Tableau 3 : Etude de quelques paramètres physico-chimiques du coagulum à différents temps d'égouttage.

Temps d'égouttage (h)	Teneur en eau (%)	Acidité (%)	pH	Cendres (%)
3	75,67 ± 1,69 ^a	1,40 ± 0,01 ^a	3,94 ± 0,01 ^a	1,68 ± 0,03 ^a
8,25	71,48 ± 0,11 ^b	1,58 ± 0,01 ^b	3,91 ± 0,01 ^b	1,01 ± 0,01 ^b
13,5	69,24 ± 0,73 ^c	1,76 ± 0,01 ^c	3,88 ± 0,01 ^c	0,89 ± 0,02 ^c
18,75	63,66 ± 0,30 ^d	1,94 ± 0,01 ^d	3,71 ± 0,01 ^d	0,81 ± 0,03 ^d
24	58,56 ± 0,81 ^e	2,12 ± 0,07 ^e	3,70 ± 0,01 ^d	0,79 ± 0,01 ^d

Les valeurs marquées de la même lettre dans la même colonne n'ont pas de différence significative au seuil de 5 %

3.3. Optimisation de la production de fromage aux carottes

Trois fromages différents, en fonction du type de prétraitement appliqué sur les carottes, ont été investigués :

- ❖ Le fromage aux carottes ayant subi le prétraitement blanchiment-DII (**FCBD**)
- ❖ Le fromage aux carottes ayant subi le prétraitement blanchiment-DII-Séchage (**FCBDS**) et
- ❖ Le fromage aux carottes ayant subi le prétraitement blanchiment-Séchage (**FCBS**).

Les résultats du plan d'expérience sont présentés dans les Tableaux 4 et 5.

Tableau 4 : Résultat des essais pour la mesure de l'acidité du fromage FCBD, FCBDS et FCBS

Essai	Valeur codée		Valeur réelle		FCBD		FCBDS		FCBS	
	X ₁	X ₂	X ₁ (h)	X ₂ (%)	Y _{a1} (%)	Y _{a1} (%)	Y _{a2} (%)	Y _{a2} (%)	Y _{a3} (%)	Y _{a3} (%)
					Observé	Théorique	Observé	Théorique	Observé	Théorique
1	0	0	13,50	20,00	1,41	1,42	1,610	1,613	1,83	1,83
2	1	0	24,00	20,00	1,65	1,66	1,980	1,978	2,13	2,14
3	0,5	0,866	18,75	28,66	1,54	1,53	1,600	1,601	1,98	1,97
4	-0,5	0,866	8,25	28,66	1,26	1,27	1,320	1,318	1,72	1,73
5	-1	0	3,00	20,00	1,24	1,23	1,500	1,501	1,64	1,63
6	-0,5	-0,866	8,25	11,34	1,42	1,43	1,660	1,658	1,79	1,80
7	0,5	-0,866	18,75	11,34	1,62	1,61	1,850	1,852	2,08	2,07
8	0	0	13,50	20,00	1,43	1,42	1,610	1,613	1,81	1,83
9	0	0	13,50	20,00	1,41	1,42	1,620	1,613	1,85	1,83

X₁ est le temps d'égouttage ; X₂ la concentration en carottes ; Y_{ai} (i=1 à 3) sont les réponses de concentration en gramme d'acide lactique pour 100 grammes des différents fromages.

Tableau 5 : Résultat des essais pour la mesure de la fermeté du fromage FCBD, FCBDS et FCBS

Essai	Valeur codée		Valeur réelle		FCBD		FCBDS		FCBS	
	X ₁	X ₂	X ₁ (h)	X ₂ (°C)	Y _{f1} (N)	Y _{f1} (N)	Y _{f2} (N)	Y _{f2} (N)	Y _{f3} (N)	Y _{f3} (N)
					Observé	Théorique	Observé	Théorique	Observé	Théorique
1	0	0	13,50	20,00	0,195	0,195	0,235	0,220	0,765	0,783
2	1	0	24,00	20,00	0,405	0,410	0,330	0,344	0,960	0,953
3	0,5	0,866	18,75	28,66	0,340	0,335	0,485	0,471	1,010	1,018
4	-0,5	0,866	8,25	28,66	0,160	0,165	0,285	0,299	0,920	0,913
5	-1	0	3,00	20,00	0,125	0,120	0,155	0,141	0,545	0,553
6	-0,5	-0,866	8,25	11,34	0,150	0,155	0,200	0,214	0,455	0,448
7	0,5	-0,866	18,75	11,34	0,280	0,275	0,260	0,246	0,735	0,743
8	0	0	13,50	20,00	0,205	0,195	0,220	0,220	0,845	0,783
9	0	0	13,50	20,00	0,185	0,195	0,205	0,220	0,740	0,783

X₁ est le temps d'égouttage ; X₂ la concentration en carottes ; Y_{fi} (i=1 à 3) sont les réponses de fermeté des différents fromages.

- Modélisation

La détermination des coefficients des modèles de l'acidité des trois types de fromage, à partir du logiciel Statgraphics Centurion XV.II aboutit aux équation 3, 4 et 5.

$$\text{FCBD} : Y_{a1} = 1,417 + 0,217 X_1 - 0,069 X_2 + 0,028 X_1^2 + 0,048 X_2^2 + 0,046 X_1X_2 \quad (3)$$

$$\text{FCBDS} : Y_{a2} = 1,613 + 0,238 X_1 - 0,170 X_2 + 0,127 X_1^2 - 0,050 X_2^2 + 0,052 X_1X_2 \quad (4)$$

$$\text{FCBS} : Y_{a3} = 1,830 + 0,255 X_1 - 0,049 X_2 + 0,055 X_1^2 + 0,065 X_2^2 - 0,017 X_1X_2 \quad (5)$$

La détermination des coefficients de la fermeté a permis d'écrire les modèles statistiques pour chaque type de fromage, présentés par les équations 6, 7 et 8.

$$\text{FCBD} : Y_{f1} = 0,195 + 0,145 X_1 + 0,020 X_2 + 0,070 X_1^2 + 0,027 X_2^2 + 0,029 X_1X_2 \quad (6)$$

$$\text{FCBDS} : Y_{f2} = 0,220 + 0,102 X_1 + 0,089 X_2 + 0,023 X_1^2 + 0,109 X_2^2 + 0,081 X_1X_2 \quad (7)$$

$$\text{FCBS} : Y_{f3} = 0,783 + 0,200 X_1 + 0,214 X_2 - 0,031 X_1^2 + 0,006 X_2^2 - 0,110 X_1X_2 \quad (8)$$

Le Tableau 6 présente les différents paramètres statistiques d'appréciation de la qualité des modèles.

Tableau 6 : Valeurs des paramètres de validation des modèles pour la fermeté et l'acidité

Paramètres	R ² (%)	R ² ajusté (%)	AAD	Af	Bf
Y _{a1}	99,3278	98,2074	0,0070	1,0070	1,0008
Y _{a2}	99,9709	99,9223	0,0016	1,0016	0,9998
Y _{a3}	99,3371	98,2323	0,0060	1,0060	1,0000
Y _{f1}	99,5095	98,6920	0,0280	1,0284	1,0005
Y _{f2}	97,8203	94,1874	0,0524	1,0540	0,9981
Y _{f3}	97,6776	93,8069	0,0243	1,0247	1,0007

Les valeurs des paramètres présentés dans le Tableau 6 étant très proches des valeurs standards de validation de modèle, nous validons les modèles des réponses de l'acidité et de la fermeté des fromages aux carottes. Les Tableaux 7 et 8 présentent les résultats de l'analyse de la variance des trois fromages, pour les modèles de l'acidité et de la fermeté respectivement.

Tableau 7 : Analyse de la variance des coefficients du modèle de l'acidité des fromages

Source	FCBD		FCBDS		FCBS	
	Coefficients	P-Value	Coefficients	P-Value	Coefficients	P-Value
Constante	1,417		1,613		1,830	
A (X1)	0,217	0,0003	0,238	0,0000	0,255	0,0003
B (X2)	-0,069	0,0080	-0,170	0,0000	-0,049	0,0292
AA	0,028	0,2009	0,127	0,0001	0,055	0,0685
AB	0,046	0,1260	0,052	0,0034	-0,017	0,5374
BB	0,048	0,0686	-0,050	0,0019	0,065	0,0459

Tableau 8 : Analyse de la variance des coefficients du modèle de la fermeté des fromages

Source	FCBD		FCBDS		FCBS	
	Coefficients	P-Value	Coefficients	P-Value	Coefficients	P-Value
Constante	0,195		0,220		0,783	
A (X1)	0,145	0,0002	0,102	0,0049	0,200	0,0049
B (X2)	0,020	0,0478	0,089	0,0071	0,214	0,0040
AA	0,070	0,0057	0,023	0,3710	-0,031	0,5162
AB	0,029	0,1036	0,081	0,0585	-0,110	0,1310
BB	0,027	0,0735	0,109	0,0146	0,006	0,8984

La Figure 3 présente les effets des facteurs sur les réponses, ainsi que l'importance de leur signification au seuil de 5 %.

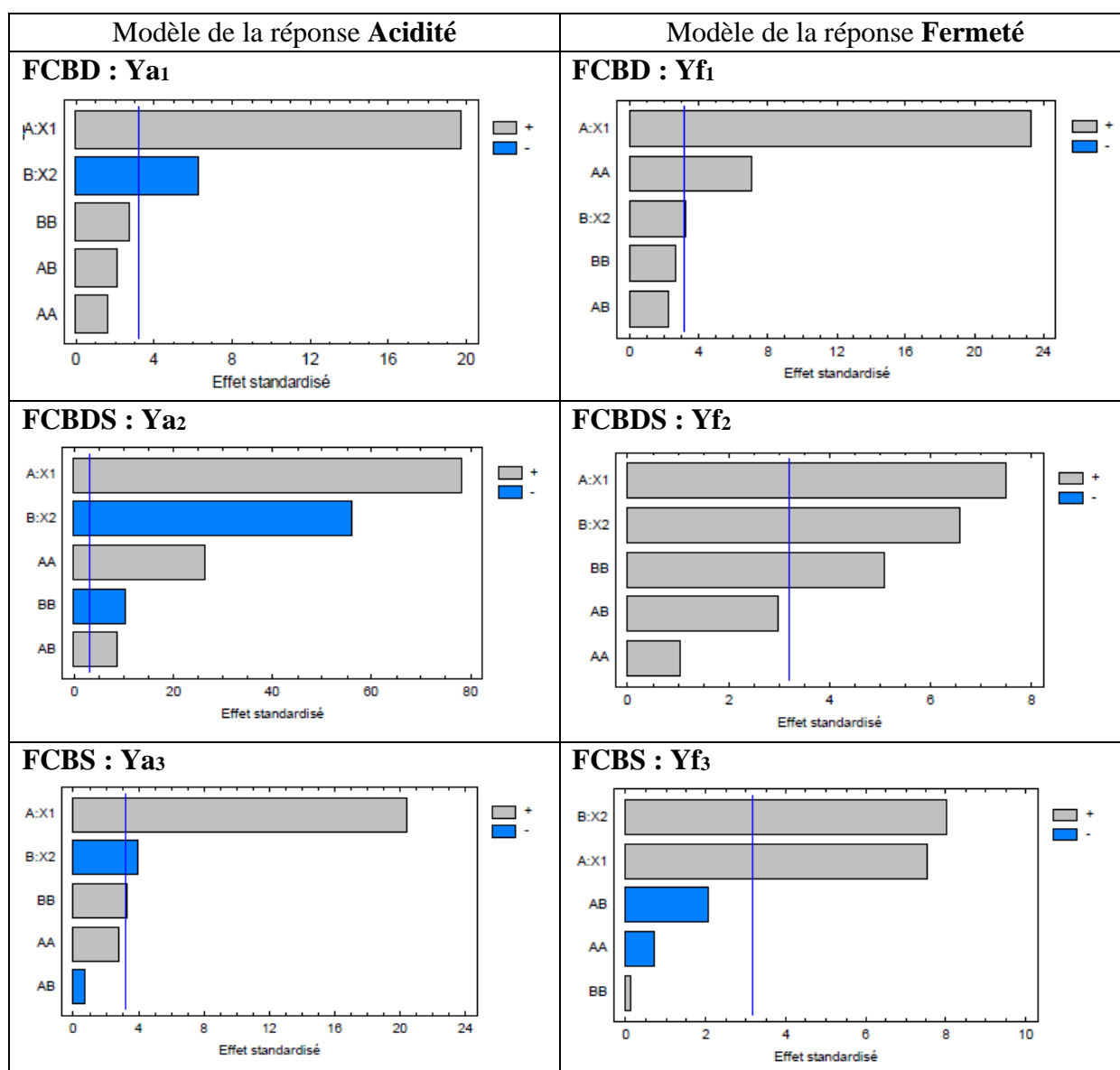


Figure 3 : Significativité et effets des facteurs sur les réponses : Graphique de Pareto standardisé pour les modèles de l'acidité (Ya) et de la fermeté (Yf) des fromages FCBD, FCBDS et FCBS.

Les courbes isoréponse et leur superposition en vue de la détermination de la zone optimale sont présentées sur la Figure 4. Il a été question, pour le domaine expérimental étudié, de maximiser la fermeté tout en gardant une concentration en acide lactique inférieure à 2 grammes pour 100 grammes de produit et pour une concentration en carottes pas trop éloignée de la valeur au centre du domaine.

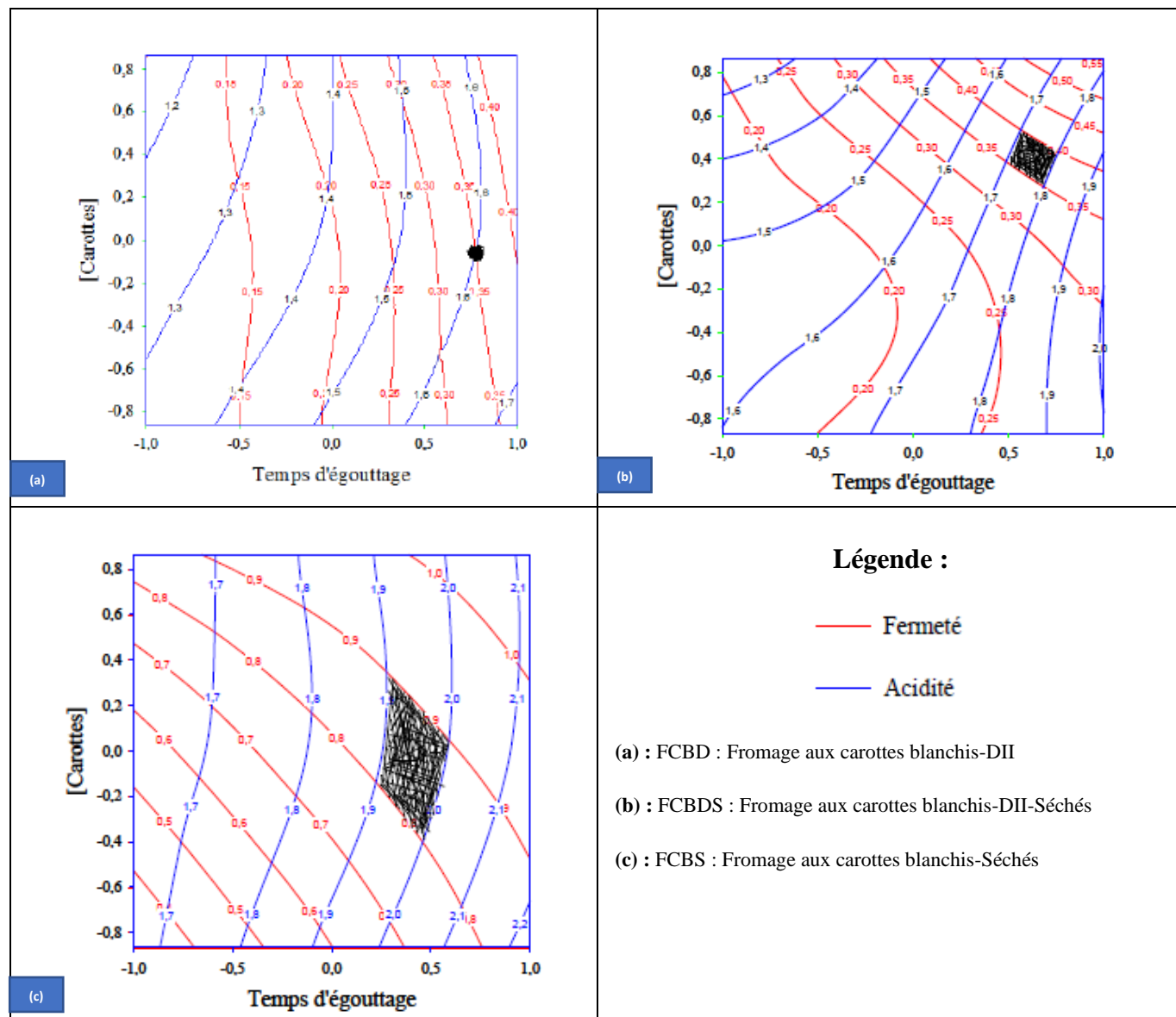


Figure 4 : Courbes iso-réponses de la fermeté et de l’acidité pour les fromages aux carottes.

Pour le fromage FCBD, le point optimal a été déterminé (Figure 4-a) et il ressort que le temps optimal d’égouttage du fromage FCBD est de 21,51 heures et la concentration optimale en carottes est de 19,14 %, ce qui a donné après vérification une fermeté de $0,37 \pm 0,03$ N et une acidité de $1,60 \pm 0,05$ %. En ce qui concerne le fromage FCBDS, en prenant un point dans la zone hachurée (Figure 4-b), on trouve un temps optimal d’égouttage de 20,75 heures et une concentration optimale en carottes de 24 %, ce qui donne après vérification une fermeté de $0,38 \pm 0,02$ N et une acidité de $1,79 \pm 0,04$ %. Quant au fromage FCBS, en prenant un point dans la zone optimale hachurée (Figure 4-c), on trouve un temps optimal d’égouttage de 18,75 heures et une concentration optimale en carottes de 18 %, ce qui donne, après vérification, une fermeté de $0,88 \pm 0,06$ N et une acidité de $1,92 \pm 0,02$ %.

3.4. Caractérisation des produits optimums obtenus

Sur le plan statistique, il existe une différence significative au seuil de 5 % des teneurs en eau des différents optima FCBD, FCBDS et FCBS, qui sont respectivement de $58,71 \pm 0,55$; $57,77 \pm 0,14$ et $44,07 \pm 0,07$ g/100 g matière humide. Les valeurs de teneurs en eau obtenues sont en accord avec les mesures de fermeté obtenues. En effet, l'analyse montre que la fermeté augmente lorsque la teneur en eau diminue ; elle est proche pour les fromages FCBD (0,37 N) et FCBDS (0,38N) et plus grande pour le fromage FCBS (0,88 N). Les teneurs en glucides totaux respectives ont été de : $17,79 \pm 0,31$; $17,26 \pm 0,57$ et $7,49 \pm 0,11$ g/100 g matière humide. Les taux de sucre élevés pour les fromages FCBD et FCBDS comparés à celui de FCBS, se justifient par la diffusion du sucre dans les carottes lors de la DII. Les taux de cendres, bien que différents dans les produits finaux, sont apportés aussi bien par les carottes que par le fromage et varient entre 1 et 2 g/100 g de matière humide. D'une manière générale, les différents produits optima obtenus comportent tous les nutriments y compris les vitamines et les sels minéraux nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme.

3.5. Analyse microbiologique des fromages obtenus

Une analyse microbiologique a été faite sur les fromages optima obtenus pour s'assurer de la qualité de ces produits. Les résultats, exprimés en UFC/g sont consignés dans le Tableau 9 :

Tableau 9 : Analyse microbiologique des fromages obtenus après optimisation

	F0	FCBD	FCBDS	FCBS	FCBD'	FCBDS'	FCBS'
FMAT (UFC/g)	-	$2,65.10^5$	$2,48.10^5$	$1,07.10^5$	$2,48.10^5$	$2,50.10^5$	$1,10.10^5$
E. Coli (Coliformes) (UFC/g)	0	0	0	0	0	0	0
Staphylocoques (UFC/g)	0	15	20	0	0	0	0
Salmonelles (UFC/25g)	0	0	0	0	0	0	0
Clostridium (UFC/g)	0	0	0	0	0	0	0
Levures et Moisissures (UFC/g)	10	175	185	190	30	25	30
Streptocoques Fécaux (UFC/g)	0	0	0	0	0	0	0

F0 : Fromage sans incorporation ; **FCBD :** Fromage avec carottes ayant subi le prétraitement 1 (Blanchiment + DII) ; **FCBDS :** Fromage avec carottes ayant subi le prétraitement 2 (Blanchiment + DII + Séchage) ; **FCBS :** Fromage avec carottes ayant subi le prétraitement 3 (Blanchiment + Séchage) ; **FCBD' =** Fromage avec carottes **pasteurisées** ayant subi le prétraitement 1 ; **FCBDS' =** Fromage avec carottes **pasteurisées** ayant subi le prétraitement 2 ; **FCBS' =** Fromage avec carottes **pasteurisées** ayant subi le prétraitement 3.

Le Tableau 9 fait état d'une flore mésophile aérobie totale (FMAT) importante pour tous les échantillons alors que la quantité de germes pathogènes pour ces échantillons est faible. Ceci s'explique par la présence des bactéries lactiques dans le produit. En effet, la coagulation étant de type exclusivement lactique, ces bactéries sont normalement trouvées dans le caillé après fermentation (Frédot, 2005), une partie de ces microorganismes est éliminée dans le lactosérum lors de l'égouttage et la majeure partie reste dans le coagulum d'où la grande population observée dans nos produits. On remarque une légère contamination à staphylocoque pour les échantillons FCBD et FCBDS (respectivement 15 et 20 UFC/g). Le fromage sans incorporation (F0) ne comportant pas de staphylocoque, l'origine de la contamination serait donc liée aux carottes, du fait des manipulations succédant la DII et/ou le séchage ou encore pendant le séchage à cause de la ventilation de l'étuve. Pour la contamination par les levures et moisissures, on peut constater que tous les échantillons sont attaqués bien que les quantités de germes soient faibles. La contamination ici provient d'une part des carottes car le traitement thermique appliqué sur ces légumes a permis de réduire considérablement la charge microbienne des échantillons **FCBD'**, **FCBDS'** et **FCBS'**. Les causes possibles de cette contamination peuvent être liées au matériel utilisé, à la ventilation de l'étuve et aux manipulations. D'autre part, le fromage sans incorporation est aussi à l'origine de la contamination avec une charge de 10 UFC/g. De plus, malgré le traitement thermique appliqué sur les carottes, il existe une faible charge microbienne dans les fromages

FCBD', FCBDS' et FCBS'. Les causes possibles de contamination dans ce cas peuvent aussi être liées au matériel, aux manipulations et même à l'environnement (lors de l'égouttage).

D'une manière générale, la charge microbienne des produits optima respecte les normes correspondantes. Par conséquent, les différents produits ne présentent aucun danger pour la consommation. Il ressort aussi de ces analyses qu'un traitement thermique des carottes avant incorporation n'est pas nécessaire. Cependant, une attention particulière devrait être apportée à l'environnement de travail et aux conditions hygiéniques de production afin de réduire davantage la charge microbienne dans le produit fini.

3.6. Analyse sensorielle des fromages optimums obtenus

L'analyse sensorielle des fromages optima aux carottes ayant subi les différents prétraitements a été effectuée. Les résultats ont été regroupés en trois (03) groupes de descripteurs basés sur la texture, le goût et l'arôme du produit. Les résultats sont présentés sur la Figure 5.

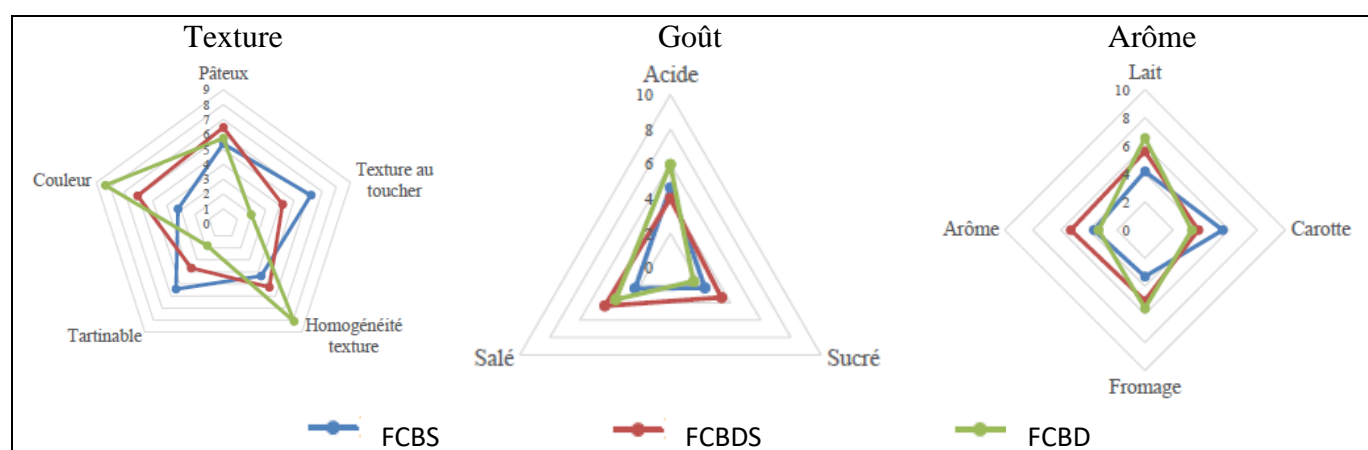


Figure 5 : Analyse sensorielle des fromages optima obtenus. FCBD : Fromage avec carottes ayant subi le prétraitement (Blanchiment + DII) ; FCBDS : Fromage avec carottes ayant subi le prétraitement (Blanchiment + DII + Séchage) ; FCBS : Fromage avec carottes ayant subi le prétraitement (Blanchiment + Séchage).

La Figure 5 montre que le fromage FCBD possède une bonne répartition en carottes après le mélange, une couleur très appréciée, une texture fine au toucher et une bonne tartinabilité. Ce résultat peut se justifier par le fait que les carottes prétraitées par déshydratation osmotique apportent une texture nouvelle au produit final. De plus, la teneur en eau élevée (58,71 %) dans le produit pourrait expliquer sa bonne tartinabilité. En comparant les graphes de FCBD et FCBDS, on constate que FCBDS est plus pâteux et présente une couleur moins appréciée, une meilleure tartinabilité et une texture moins fine. De plus, la répartition des carottes n'est pas homogène dans le produit. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les carottes prétraitées forment une pâte après broyage, ce qui rend l'homogénéisation plus difficile à réaliser. La couleur moins appréciée pourrait s'expliquer par le changement de couleur observée après homogénéisation.

En ce qui concerne le fromage FCBS, il présente une texture grossière et moins homogène, une couleur moins appréciée et une mauvaise tartinabilité. Ce résultat pourrait s'expliquer par la faible teneur en eau (fermeté élevée) et le changement de couleur observée due à l'ajout de la poudre de carottes.

En ce qui concerne le critère d'évaluation du goût du produit, le facteur temps d'égouttage est plus long pour le fromage FCBD d'où l'acidité prononcée observée. D'autre part, le goût salé prononcé par rapport au goût sucré proviendrait du fait que la diffusion du sel dans le produit au cours de la déshydratation imprégnation par immersion se fait plus rapidement que celle du sucre (Bchir et al., 2011). De plus, les carottes du produit FCBS n'ont pas subi de DII d'où le goût moins prononcé du sucre et du sel dans le produit.

Les descripteurs basés sur l'arôme montrent que l'arôme global de FCBDS est le plus apprécié. Le produit FCBD présente une odeur prononcée de lait et de fromage et le fromage FCBS, il présente une odeur plus prononcée de carotte. Il faut cependant noter que l'odeur lié au fromage présente des divergences en fonction du type de fromage

consommé par les panélistes et de la fréquence de consommation. Par conséquent, certaines caractéristiques liées au produit peuvent être perçus différemment par les panélistes D'une manière générale, la texture, le goût et l'arôme d'un produit sont généralement liés à la microstructure du produit (qui regroupe l'ensemble des composés qui forment le produit), à l'ensemble des réactions qui s'y déroulent et aux différents traitements appliqués sur le produit.

Le Tableau 10 présente la note finale moyenne, donnée par les panélistes, en fonction de l'appréciation générale de chacun des produits optima, au cours de l'analyse sensorielle.

Tableau 10 : Récapitulatif de la note finale pour chaque produit

Produit	FCBD	FCBDS	FCBS
Note finale (/20)	15,99	16,21	08,55

Le Tableau 10 montre que le fromage aux carottes ayant subi le prétraitement blanchiment- DII- séchage a été le plus apprécié (16,21) suivi de près de celui avec carottes ayant subi le traitement blanchiment - DII (15,99). Ce résultat peut être dû au fait que les carottes utilisées pour la fabrication de ces fromages ont subi une déshydratation osmotique en présence de sel et de sucre car ces composés sont connus pour l'amélioration des qualités organoleptiques des aliments (Kowalski et Mierzwa, 2011 ; Fernandes, 2009 ; Changrue, 2006 ; Walstra et al., 2006 ; Frédot, 2005 ; Fox et al., 2000), de plus, il a été prouvé que le couplage DII-séchage conduit à des produits de qualité améliorée et qui se conserve plus longtemps (Kowalski et Mierzwa, 2011), ce qui pourrait expliquer la mauvaise note attribuée au fromage avec carottes ayant subi le blanchiment et le séchage. Aussi, la présence de sucre et de sel permet au mieux de réduire l'acidité du produit.

4. CONCLUSION

L'objectif de ce travail était d'étudier l'influence du temps d'égouttage d'un coagulum exclusivement lactique sur les propriétés du fromage obtenu et d'évaluer les potentialités des carottes prétraitées, à améliorer l'appréciation générale de ces fromages. Trois types de prétraitements ont été effectués : le prétraitement (Blanchiment + DII), le prétraitement (Blanchiment + DII + Séchage) et le prétraitement (Blanchiment + Séchage). Des essais préliminaires ont permis de déterminer le procédé de production du coagulum lactique.

Il ressort de ces travaux que le fromage le plus apprécié sur le plan textural, de l'arôme et de l'acidité, est le fromage FCBDS. Il s'agit du fromage dont les carottes ont été blanchies pendant 30 secondes à 100 °C, puis prétraitées dans une solution mixte de saccharose 50 % (p/p) et de sel 5 % (p/p) à 55 °C, avec un rapport fruits/solution de 1/4 et suivi d'un séchage à 55 °C pendant 6h. Le temps d'égouttage et la concentration en carottes nécessaires pour cet optimum est de 20,75 h et 24 % respectivement. Les caractéristiques microbiologiques de ce fromage respectent les normes en vigueur.

Les carottes (*Daucus carota* L.) peuvent être utilisées pour diversifier la gamme des produits laitiers et contribuer à une meilleure alimentation des populations. Il serait intéressant pour la suite de ce travail, de déterminer le conditionnement approprié pour ce produit.

5. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Ministère de l'Enseignement Supérieur de la République du Cameroun pour son soutien financier à travers le Compte du Fonds Spécial pour la modernisation de la recherche dans les Universités d'Etat (Décret Présidentiel N_2009/121 du 8 avril 2009).

6. CONFLITS D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACDIC, Association Citoyenne de Défense des Intérêts Collectifs, 2006. Filière laitière au Cameroun, 69p.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1982. Recueil des normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes. Jus de fruits. 1ère éd., Paris la défense (France).
- AFNOR, 1981. Recueil de normes françaises. Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés. AFNOR, Paris (France), 2ème édition.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), 2003. Official methods of analysis, (17e edition) Washington D.C. U.S.A.
- Baş D. and Boyac I. H., 2007. Modeling and Optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, **78**(3), 836–845.
- Bchir B., Besbes S., Giet J-M., Attia H. et Blecker C., 2011. Synthèse de connaissances sur la déshydratation osmotique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(1), 129–142.
- Bourelly J., 1982. Observation sur le dosage de l'huile des graines de cotonnier. *Cot. Fib. Trop.*, **27** (2), 183–196.
- Changrue V., 2006. Hybrid (Osmotic, Microwave-vacuum) Drying of Strawberries and Carrots. A thesis submitted to McGill University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Canada. 190p.
- Ebing P. and Rutgers K., 2006. Preparation of dairy products. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen. 86p.
- Essomba J. M., Dury S., Edjenguèlè M. et Bricas N., 2002. Permanences et changements dans la consommation des produits laitiers ; la 'success story' des petites entreprises de transformation à Ngaoundéré, Cameroun. Contribution au colloque MEGA-TCHAD. 20 – 22 Novembre, Paris. 10p.
- FAO, 2009. The state of food and agriculture 2009: livestock in the balance. FAO, Rome. Disponible sur: <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e00.htm>. Consulté le 10 Février 2015
- FAO, 2013. Milk and Dairy products in human nutrition by Ramani WijesinhaBettoni and Barbara Burlingame. Nutrition Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. 404p.
- FAOSTAT, 2021. www.fao.org consulté le 7 Juillet 2021.
- Fernandes R., 2009. Microbiology Handbook Dairy Products. Leatherhead Food International Ltd, Randall road, Leatherhead, Surrey KT22 7RY, UK. 173p.
- Ferradji A., Belhach D., Ait Chaouche F.S., Acheheb H., 2013. Optimisation de la déshydratation osmotique des carottes en utilisant la méthodologie des surfaces de réponses, 16èmes Journées Internationales de Thermique (JITH 2013), Marrakech (Maroc), du 13 au 15 Novembre, 2013.
- Fischer E. & Stein E.A., 1961. DNS colorimetric determination of available carbohydrates in foods. *Biochemical Preparation*, **8**, 30–37.
- Frédot E., 2005. Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Editions Tec & Doc – Lavoisier, Paris, France ; 424p.
- Gopalan C., Ramasastry B. V., Balasubramanian S. C., 1989. Nutritive Values of Indian Foods. *Hyderabad, India: National Institute of Nutrition*, 50p.
- Guinee T.P. and O'Callaghan D.J., 2010. Control and prediction of quality characteristics in the manufacture and ripening of cheese in Law B.A. and Tamine A.Y. eds. Technology of cheesemaking, 2nd edition. Wiley-Blackwell, 9600 Garsington Road, Oxford OX42DQ, UK. 260–329.
- Guiraud J., 1998. Microbiologie alimentaire. Editions Dunod, Paris
- Gunasekaran S. and Ak Mehmet M., 2003. Cheese rheology and Texture. CRC Press LLC, 2000 N.W. Corporate Blvd, Boca Raton, Florida 33431. 434p.
- INS, 2017. Institut National de la Statistique. Annuaire statistique du Cameroun. 431p.
- Jiokap Nono Y., Libouga D. G., Ngongang D., Ramet J.P. and Parmentier M., 2006. Feasibility of cheese production and whey valorization in the Adamawa province of Cameroon. *African Journal of Biotechnology*, **5**(6) 517–522.

- Kowalski S. J. and Mierzwa D., 2011. Influence of preliminary osmotic dehydration on drying kinetics and final quality of carrot (*Daucus carota* L.). *Chemical and Process Engineering*, **32** (3), 185–194.
- Larpent J. P., 1997. Microbiologie alimentaire : Techniques de laboratoire, Ed. Tec et Doc. Paris.
- Libouga D. G., Ngah E., Jiokap N. Y. and Bitjoka L., 2008. Clotting of cow (*Bos taurus*) and goat milk (*Capra hircus*) using calve and kid rennets. *African Journal of Biotechnology*, **7**(19), 3490–3496.
- Lo Piero A.R., Puglisi I. and Petrone G., 2002. Characterization of lettuce, a serine-like protease from *Lactuca sativa* leaves, as a novel enzyme for milk clotting. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 2439–2443.
- MINEPIA/PRODEL, 2020. Magazine « Investir au Cameroun ».
- Ministère de l'Agriculture et du développement Rural (MINADER), 2020. Direction des Enquêtes et Statistiques Agricoles, rapports des enquêtes de terrain 2020.
- Sarkar B. C. and Sharma H. K., 2011. Carrots in Sinha K. N., Hui Y.H., Evranuz Ö.E., Siddiq M. and Ahmed J. Eds. Handbook of vegetables and vegetable processing. Blackwell Publishing Ltd, Iowa, USA. 565–80.
- Singh S., Shivhare U.S., Ahmed J. and Raghavan G.S.V., 1999. Osmotic concentration kinetics and quality of carrot preserve. *Food Research International*, **32**, 509–514.
- Tirilly Y. et Bourgeois C.M., 1999. Technologie des légumes. Technique et Documentation, Lavoisier, 558p.
- Walstra P., Wouters J. T. M. and Geurts T. J., 2006. Dairy Science and Technology, 2nd Edition. Taylor & Francis Group LLC. P 768.
- Wolff J.P., 1968. Manuel d'analyse des corps gras. Azoulay éd., Paris.