OPIC
Office de la propriété intellectuelle du Canada

CIPO
Canadian Intellectual Property Office

(12) (19) (CA) **Demande-Application**

(21) (A1) **2,311,271**
(22) 2000/06/08
(43) 2000/12/11

(72) ROUSSEL, LAURENCE, FR
(72) BURET, FLORENCE, FR
(72) LECHAT, YVES, FR
(71) BONGRAIN S.A., FR

(51) Int.Cl.[7] A23J 3/26, A23J 3/08
(30) 1999/06/11 (9907433) FR

(54) **PRODUIT ALIMENTAIRE A TEXTURE FIBREUSE OBTENUE A PARTIR DE PROTEINES DE LACTOSERUM**

(54) **FOOD PRODUCT WITH A FIBROUS CONSISTENCY OBTAINED FROM LACTOSERUM PROTEINS**

(57) Produit alimentaire 17 obtenu par cuisson-extrusion d'un mélange d'origine laitière ou fromagère présentant une structure fibrée, caractérisé en ce que les fibres forment un réseau de fibres macroscopiques, d'un diamètre de l'ordre de 0.1 mm à 1 cm, ramifiées en fibres microscopiques d'un diamètre de l'ordre de 1 µm à 0.1 mm, la matière sèche du produit étant issue au moins pour partie de lactosérum.

# ABREGE

Produit alimentaire 17 obtenu par cuisson-extrusion d'un mélange d'origine laitière ou fromagère présentant une structure fibrée, caractérisé en ce que les fibres forment un réseau de fibres macroscopiques, d'un diamètre de l'ordre de 0.1 mm à 1 cm, ramifiées en fibres microscopiques d'un diamètre de l'ordre de 1 µm à 0.1 mm, la matière sèche du produit étant issue au moins pour partie de lactosérum.

La présente invention concerne des produits alimentaires présentant une texture fibreuse, obtenus principalement à partir de protéines de lactosérum, un procédé de fabrication par cuisson extrusion de ces produits, une installation de fabrication pour la mise en œuvre du procédé.

On connaît déjà des procédés de fabrication de produits laitiers en continu par extrusion.

Le document EP-A-727 138 décrit un tel procédé d'extrusion qui permet d'obtenir un fromage ou une spécialité fromagère à partir d'un caillé ou d'un rétentat issu de l'ultra filtration de lait.

Le procédé comprend les étapes suivantes : introduction des matières premières, transfert dans un fourreau comprenant au moins une section dans laquelle la température est comprise entre 60° et 120°C, faisant intervenir un malaxage, une texturation et une cuisson. Ce procédé permet d'obtenir des produits à structure étirée, présentant des fibres d'un diamètre généralement supérieures à 0.1 mm et de l'ordre du mm.

Le document WO-96/34 539 décrit un procédé d'obtention d'une matrice de protéines texturées contenant une dispersion de corps d'inclusion.

Ces produits sont obtenus par un procédé d'extrusion à haute température, notamment 125 à 160°C. Ces hautes températures permettent la destruction du mélange initial de protéines. Les produits obtenus comprennent un ensemble de fibres protéiques stabilisées après refroidissement.

Ce document décrit essentiellement l'utilisation de protéines végétales telles que du soja.

Le document WO-96/25051 décrit un procédé de fabrication d'un fromage fibreux à pâte molle ou semi-molle. Cette masse fibreuse est obtenue après l'extrusion de caillebotte.

Ces procédés ne permettent pas d'obtenir à partir d'une préparation fromagère ou laitière un produit présentant une structure au caractère fibré extrêmement fin, comprenant des fibres de dimensions comprises entre le µm et 0.1 mm perçues lors de la mastication du produit et lui conférant des propriétés organoleptiques originales.

Par ailleurs le document US 4 156 028 décrit un procédé de fabrication de produits fibrés présentant des fibres de l'ordre par exemple de 100 µm de diamètre. Toutefois ces produits sont obtenus par une technique de dissolution puis envoi dans un bain de coagulation dont le principe et le matériel sont très différents d'une cuisson extrusion combinant des caractéristiques spécifiques de pression et de température. Les produits obtenus ne présentent pas une structure en réseau ramifié telle que décrite plus loin.

A cet effet, l'invention propose selon un premier aspect un produit obtenu par cuisson extrusion d'un mélange d'origine laitière ou fromagère, le produit ayant une structure fibreuse présentant un réseau de fibres macroscopiques, d'un diamètre de l'ordre de 0.1 mm à 1 mm, ramifiées en fibres microscopiques d'un diamètre de l'ordre de 1 µm à 0.1 mm, la matière sèche du produit étant issue au moins pour partie de lactosérum.

La matière sèche du produit comprend typiquement de 30% à 100% de matière sèche issue de lactosérum.

Le produit comprend 15 à 50% de matière sèche et typiquement 25 à 40%. La matière sèche du produit comprend au moins 35% de protéines totales.

La matière sèche issue de lactosérum comprend des protéines isolées et/ou concentrées, et/ou du lactosérum entier séché, et/ou des fractions de lactosérum séchées comme du lactose, des matières grasses de lait, de la lactoferrine, du calcium ou autres minéraux ou fractions du lait.

Selon une réalisation, le produit comprend, en plus des protéines de lactosérum, d'autres fractions protéiques du lait de type caséines ou caséinates, du fromage, du lait séché ou concentré, la matière sèche du produit comprenant de préférence moins de 10% de caséines.

Selon une autre réalisation, le produit comprend, en plus des protéines de lactosérum, des protéines non laitières, choisies parmi des protéines végétales concentrées ou isolées, notamment de gluten de blé, de soja ou de pois, du blanc d'œuf liquide ou sec, les protéines non laitières représentant 0 à 70% de la matière sèche du mélange, de préférence 20 à 50%.

Selon un deuxième aspect, l'invention concerne une préparation alimentaire incorporant un produit tel que décrit ci-dessus ajouté à des ingrédients divers choisis parmi notamment des fromages, du lait et produits dérivés (du yaourt, crème de lait, poudre de lait, fromage blanc, beurre), des céréales, des amidons, farines, semoules, des fruits et fruits secs, des épices, des aromates, des matières grasses, des arômes, des ingrédients sucrés (sucre, miel...), des morceaux de viande ou de poisson, des légumes, de manière à former des plats cuisinés, des en-cas, sandwichs, goûters, préparations pour petit déjeuner, des snacks ou saucisses de fromage, des produits végétariens, des pâtes à tartiner, des pâtés, des ingrédients culinaires,...

La préparation alimentaire présente selon une réalisation une matrice comprenant des fibres ou des faisceaux de fibres de dimensions de l'ordre du mm ou du cm, la préparation ayant des dimensions de l'ordre de quelques centimètres.

Elle est mise en forme par formage mécanique, dosage, moulage ou mise en boyau puis pasteurisée et tranchée, les préparations obtenues pouvant être décorées, marquées, cuites ou pré-cuites, pasteurisées, stérilisées, conditionnées.

Selon une réalisation, la préparation comprend un produit tel que décrit précédemment entourant un produit de fourrage laitier ou non laitier.

Selon une autre réalisation, la préparation comprend un produit tel que décrit précédemment entouré d'un produit d'enrobage laitier ou non laitier

La préparation peut aussi comprendre des sels, épices, aromates et arômes, de l'huile ou autre matière grasse, un correcteur d'acidité tel que de l'acide lactique.

Selon un troisième aspect, l'invention concerne un procédé de fabrication de produits présentant une structure fibreuse qui comprend les étapes suivantes :

a) introduction des matières premières contenant des protéines de lactosérum, dans un extrudeur à au moins une vis ;

b) transfert des matières premières de l'amont vers l'aval du fourreau de l'extrudeur, la configuration de la ou des vis et la température à l'intérieur du fourreau, de l'amont vers l'aval étant adaptés pour faire subir aux matières premières successivement une étape de malaxage et de chauffage de la matière jusqu'à une température de 130°C environ, puis une étape de fusion et de montée en température et en pression de la matière au-delà de 130°C, généralement entre 140°C et 200°C, et entre 0 et 50 bars, de manière à obtenir la plastification de la matière transférée, notamment des protéines de lactosérum ;

c) extrusion, à l'extrémité aval du fourreau, de la matière obtenue après plastification, à travers une filière adaptée à texturer, à mettre en forme et à refroidir la matière, de manière à obtenir un produit présentant une structure fibreuse.

Le refroidissement de la matière se fait dans la filière jusqu'à une température de 100°C, voire moins entre 80°C et 10°C, et comprend un premier refroidissement dans une zone non refroidie de la filière en sortie du fourreau, puis un second refroidissement dans une zone refroidie de la filière, le premier refroidissement correspondant à une zone d'alignement du mélange fondu qui est dans un état visqueux selon une viscosité comprise entre 1.000 et 500.000

centipoises, le second refroidissement correspondant à une zone de changement de phase de l'état visqueux à l'état solide, la vitesse linéaire de passage du produit en sortie de filière étant de l'ordre de 2 à 10 m/min.

Le chauffage de l'étape b) jusqu'à 130°C est progressif ou par paliers.

La température peut être régulée pour modifier la texture des produits en cours de procédé.

Le mélange introduit dans l'extrudeur est sous forme de poudre, toute l'eau nécessaire étant introduite avant l'étape de fusion, ou sous forme liquide ou pâteuse.

Selon une réalisation, les protéines de lactosérum sont issues de concentrats ou isolats de protéines de lactosérum de 50 à 90 % de pureté, de préférence de 70 à 80 %, comprenant en outre du lactose, des matières grasses, des minéraux, des protéines secondaires du type caséine macropeptide.

Le procédé comprend en outre une étape de découpe en sortie de filière de type hachage, coupe, écrasement, dilacération, déchiquetage ou analogue, de manière à obtenir des fibres hachées formant des miettes ou des faisceaux.

Selon une réalisation, il comprend une étape de séchage du produit en sortie de filière après découpe pour obtenir des fibres le cas échéant réhydratables pour des préparations alimentaires

Il peut comprendre en outre une étape de reprise culinaire utilisant les fibres hachées mélangées à des ingrédients divers tels que du fromage, du lait et produits dérivés, des céréales, des amidons, farines ou semoules, des matières grasses, des épices, des aromates, des arômes.

Il peut aussi comprendre une étape de mise en forme comprenant des opérations de formage mécanique dans une formeuse ou dans des moules, ou

une étape de mise en boyau suivie de pasteurisation et de tranchage, les produits obtenus subissant le cas échéant au moins une des étapes suivantes : décoration, enrobage, marquage, fourrage, fritage, cuisson, pasteurisation, stérilisation, conditionnement.

Selon une réalisation, à l'étape d'extrusion, on fourre la matière transférée dans la filière d'un produit de fourrage introduit par une tête de coextrusion débouchant dans la filière.

On peut obtenir le produit de fourrage par un procédé d'extrusion.

Selon un quatrième aspect, l'invention concerne une installation de fabrication pour la mise en œuvre du procédé présenté ci-dessus, comprenant un extrudeur à vis comportant deux vis sensiblement identiques s'engrenant l'une dans l'autre et entraînées en rotation dans un même sens de rotation ou en sens contraire à l'intérieur d'un fourreau allongé, des moyens d'alimentation disposés à une partie extrême amont du fourreau équipés d'un ou plusieurs dispositifs de dosage adaptés à fournir le mélange à un débit prédéterminé, une filière d'extrusion située à l'extrémité aval dudit fourreau, des moyens de traitement thermique adaptés à réguler finement la température à l'intérieur du fourreau et de la filière d'extrusion, ledit fourreau comprenant :

- une première zone d'alimentation de la formulation du produit ;
- une deuxième zone de malaxage, le cas échéant d'hydratation, et de chauffage de la matière jusqu'à au moins 130°C à cœur ;
- au moins une troisième zone de fusion, de montée en température et en pression de la matière au-delà de 130°C, généralement entre 140 et 200°C, et entre 0 et 50 bars, selon la composition de la formule, dans laquelle se fait la plastification des protéines notamment des protéines de lactosérum.

La deuxième zone de malaxage et chauffage comprend entre 2 et 5 modules, la troisième zone de fusion comprend 1 à 3 modules, le rapport entre la longueur des vis et le diamètre des vis étant compris entre environ 10 et 33, et typiquement entre 25 et 33.

La filière d'extrusion comprend une première portion non refroidie adjacente à l'extrémité aval de l'extrudeur à vis, suivie d'au moins une portion de refroidissement, correspondant respectivement à une zone d'alignement des fibres à un état visqueux, et à une zone de changement de phase de l'état visqueux à l'état solide.

La fixation de la filière sur le fourreau se fait selon une réalisation par au moins un et typiquement deux adaptateurs, un premier adaptateur constitué d'une ou deux perforations par laquelle est extrudée la matière fondue et plastifiée, et un second adaptateur situé entre le premier adaptateur et la filière d'extrusion, destiné à équilibrer les pressions et le flux de matière.

La filière d'extrusion a une forme intérieure adaptée au produit fini, sa dimension étant paramétrée pour permettre un refroidissement de la matière fondue et plastifiée jusqu'à 100°C, voire moins entre 80 et 10°C, sa surface intérieure étant d'une rugosité contrôlée également pour exercer des forces de cisaillement sur le produit au cours du refroidissement, la combinaison entre le refroidissement et les forces de cisaillement aux parois étant à l'origine de la texturation en continu de la matière refroidie pour former des fibres.

L'installation peut comprendre une pompe d'extrusion située entre la première ou la deuxième interface et la filière, permettant une poussée régulière dans la filière afin de stabiliser l'écoulement des produits. *Il s'agit souvent d'ue pompe à engrenages son corps pouvant lui-même être réchauffé par des résistances électriques pour maintenir la masse fondue et plastifiée à la température requise*

Selon une réalisation, une tête de coextrusion débouche dans la filière d'extrusion.

D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre en référence aux figures dans lesquelles :

- La figure 1 illustre une installation de fabrication d'ultrafibres selon le procédé d'extrusion à haute température et humidité élevée, selon un mode de réalisation.

- La figure 2 représente une installation de fabrication d'ultrafibres selon le procédé d'extrusion à haute température et humidité élevée, selon un autre mode de réalisation.

- Les figures 3 et 4 représentent des produits extrudés fibrés, après hachage en sortie de filière d'extrusion.

- La figure 5 représente une vue en coupe d'un agrandissement d'un faisceau de fibres tel que dans la figure 3 ou 4 et isolé.

- La figure 6 représente en agrandissement un fragment de produit sorti de filière d'extrusion, des fibres étant mises en évidence par un étirement manuel (grossissement x10).

- Les figures 7 et 8 représentent des préparations alimentaires élaborées à partir de produits extrudés fibrés incorporés dans un mélange comprenant d'autres constituants, notamment des céréales ; la figure 8 est un agrandissement de la figure au niveau d'un faisceau de fibres au centre ;

- La figure 9 représente une vue agrandie de la figure 8 au niveau d'une zone révélant des fibres isolées. Sur la figure 7, chaque graduation de la réglette représente un mm.

On va tout d'abord décrire une installation de fabrication pour la mise en œuvre du procédé permettant d'obtenir les produits laitiers fibrés.

Cette installation comprend un extrudeur à vis 1 comportant deux vis sensiblement identiques s'engrenant l'une dans l'autre et entraînées en rotation

dans un même sens de rotation ou en sens contraire à l'intérieur d'un fourreau 2 allongé. On peut aussi envisager un extrudeur comprenant une vis.

Un tel extrudeur comprend un moteur 3 destiné à entraîner en rotation les deux vis, imbriquées l'une dans l'autre, par l'intermédiaire éventuellement d'un réducteur à engrenages. La puissance d'entraînement peut être de 25 à 100 kW par exemple. De préférence, ces vis sont auto-nettoyantes et le fourreau 2 peut être déplacé manuellement ou hydrauliquement dans sa direction longitudinale pour faciliter l'accès aux vis.

Bien entendu, les matériaux utilisés pour la fabrication du fourreau 2 et des vis sont compatibles avec les aliments.

Un orifice d'alimentation 4 est disposé vers une partie extrême amont 5 du fourreau. Cet orifice d'alimentation 4 permet d'introduire des matières premières à traiter dans l'extrudeur à vis 1.

Le fourreau peut également comporter des ouvertures pour une alimentation secondaire le long du trajet des vis, par exemple une alimentation en eau.

Une filière d'extrusion 7 est située à l'extrémité aval 6 du fourreau 2. Un dispositif de découpe 8, et le cas échéant de récupération, est placé à la sortie de la filière d'extrusion.

De manière connue, cette filière d'extrusion 7 a un diamètre réduit par rapport au diamètre de l'alésage du fourreau, de manière à comprimer les matières transférées.

Pour une fabrication en continu, l'installation comprend un dispositif de dosage adapté à fournir dans l'orifice d'alimentation 4 les matières premières à un débit prédéterminé.

Des moyens de chauffage 8a et de refroidissement sont adaptés à régler la température à l'intérieur du fourreau 2 et de la filière d'extrusion 7.

On décrit maintenant plus précisément la structure du fourreau 2 et le procédé d'extrusion.

On désignera par le terme « mélange » les matières premières soumises aux étapes du procédé ultérieures à l'introduction, c'est à dire l'étape de chauffage malaxage puis l'étape de fusion.

Le fourreau 2 comporte trois zones 9, 10, 11 adjacentes.

La première zone 9 est une zone d'alimentation, dans laquelle sont introduites les matières premières à extruder. C'est à ce niveau que débouche l'orifice d'alimentation 4 du mélange.

Selon une réalisation, ces matières premières sont sous forme d'une poudre solide introduite par l'orifice d'alimentation, additionnée d'eau. L'eau du mélange est ajoutée dans la zone d'alimentation en totalité ou en partie également dans la deuxième zone 10.

Selon une autre réalisation, ces matières premières sont sous forme liquide introduites par l'orifice d'alimentation 4, dans le cas par exemple d'une préparation laitière liquide.

Selon une autre réalisation, ces matières premières sont sous forme d'une pâte dans le cas d'une préparation fromagère telle que du caillé broyé, introduit par l'orifice d'alimentation, de l'eau étant le cas échéant additionnée dans la zone d'alimentation et/ou dans la deuxième zone 10.

Toute l'eau du mélange est ajoutée avant l'étape de fusion.

La composition du mélange est détaillée par la suite.

La deuxième zone 10 est une zone de malaxage, le cas échéant d'hydratation, et de chauffage du mélange jusqu'à au moins 130°C à cœur. Le mélange est transféré de l'amont vers l'aval du fourreau 2, en étant soumis à des contraintes de compression et de cisaillement, tout en étant chauffé comme cela sera décrit par la suite.

La troisième zone 11 est une zone de fusion, de montée en température et en pression de la matière au-delà de 130°C, généralement entre 140°C et 200°C, et entre 0 et 50 bars, selon la composition de la formule, notamment son humidité. La troisième zone 11 fournit un traitement thermo-mécanique suffisant pour faire fondre une majorité des composants alimentaires dans cette zone, et notamment les protéines de lactosérum, qui subissent une étape de plastification. Cette étape de plastification et les conséquences sur le produit final obtenu seront détaillées par la suite.

On va décrire maintenant plus précisément un mode de réalisation du fourreau 2 comportant les première 9, deuxième 10 et troisième 11 zones. Les zones comprennent au moins un module de 200 ou 250 mm.

Chaque module de fourreau est à une température déterminée préréglée. Selon les températures définies, le chauffage est plus ou moins continu et progressif. Les températures de chaque module peuvent être régulées en cours de procédé selon les matières premières introduites et les produits souhaités en fin de filière.

La première zone 9 comprend un module 12 dans lequel la température est égale à la température spontanée du mélange entrant dans l'extrudeur.

Selon une première variante, la deuxième zone 10 comprend trois modules 13, la troisième zone 11 comprend trois modules 14.

La température des modules 13 dans la deuxième zone 10 est respectivement 90, 100, 140°C, de l'amont vers l'aval du fourreau 2.

La température des modules 14 dans la troisième zone 11 est respectivement 165, 175, 175°C, de l'amont vers l'aval du fourreau 2.

Selon une deuxième variante, la deuxième zone 10 comprend cinq modules 13 permettant un chauffage progressif en cinq paliers de l'amont vers l'aval du fourreau ; et la troisième zone 11 comprend trois modules 14 comme dans la première variante de réalisation.

Selon une troisième variante de réalisation, la deuxième zone 10 ne comprend que deux modules 13, le chauffage étant ainsi moins progressif que pour les première et deuxième variantes de réalisation ; et la zone de fusion 11 ne comprend qu'un module 14.

Parallèlement à la décomposition du fourreau en modules correspondant chacun à une température donnée, les vis du fourreau se décomposent en plusieurs éléments, chaque élément ayant une structure donnée, de l'amont vers l'aval, la longueur de chaque série d'éléments pouvant coïncider ou non avec la longueur d'un module.

Dans une réalisation, le diamètre D des éléments de vis est de 55,3 mm, la longueur de chaque élément est de 50, 100 ou 200 mm. La longueur totale L des éléments de vis montés sur l'arbre de vis est de 1000 mm, soit un rapport L/D de 18. Il est compris entre 14, dans le cas de quatre modules de fourreau de 200 mm, comme dans la troisième réalisation, et 33 dans le cas de neuf modules de 200 mm, comme dans la deuxième réalisation. Dans le cas de sept modules de 200 mm, il est par exemple de 25.

Selon une réalisation, le fourreau 2 de l'extrudeur 1 est constitué de cinq modules de 200 mm, dont quatre sont chauffés et/ou refroidis pour atteindre une température de consigne régulée finement, notamment par apport successif de chaleur et de frigorie.

Les éléments de vis à simple filet sont désignés par V1F (pas en mm). Les éléments de vis à double filets sont désignés par V2F (pas en mm), les éléments de vis malaxeurs sont désignés par MAL (angle en degrés), les éléments de vis à pas négatif et filet perforé sont désignés par NEG (pas en mm, nombre de perforations par filet x taille en mm).

Dans une réalisation habituelle, le profil de deux vis s'écrit sous la forme suivante :

- zone de 200 mm d'alimentation : 200 mm V2F (50 mm) ;
- zone de 500 mm de malaxage et chauffage : 100 mm V1F (50 mm) + 50 mm MAL (90°) + 150 mm V1F (33 mm) + 50 mm MAL (60°) + 100 mm V1F (25 mm) + 50 mm NEG (-15 mm, 3 x 6 mm) ;
- zone de 300 mm de fusion : 150 mm V1F (33 mm) + 150 mm V1F (25 mm).

Ce profil ne constitue qu'un exemple de réalisation de l'invention, de très nombreuses autres combinaisons de profils de vis peuvent être mises en œuvre avec ces mêmes éléments de vis ou bien avec d'autres éléments de vis de conception proche.

Dans le cas de ce profil, dans la zone de 500 mm de malaxage et de chauffage progressif, la vis présente des éléments de vis malaxeurs, et des éléments de vis V1F de pas décroissant (50, puis 33, puis 25 mm), permettant d'obtenir une compression progressive des matières traitées.

On décrit maintenant la filière utilisée 7.

La filière 7 est constituée typiquement de plusieurs éléments de filière mis bout à bout et raccordés par des fixations mécaniques adaptées. Sa dimension est paramétrée pour permettre un refroidissement progressif de la matière fondue et plastifiée, jusqu'à 100°C, voire moins par exemple jusqu'à 10°C, et de préférence entre 80 et 30°C.

La surface intérieure de la filière 7 est d'une rugosité contrôlée obtenue par l'usinage de la surface métallique interne de la filière également pour exercer des forces de cisaillement sur le produit au cours du refroidissement. La forme intérieure de la filière est adaptée au produit fini souhaité.

La combinaison du refroidissement et des forces de cisaillement aux parois exercées lors du changement de phase liquide/solide est à l'origine du phénomène de texturation de la matière sous forme de fibres comme décrit plus loin.

Dans certains cas, les forces de cisaillement aux parois et la longueur de la filière peuvent être suffisamment élevées pour permettre l'extrusion du produit sans refroidissement d'appoint à l'extérieur de la filière. Dans la plupart des cas, la filière 7 comprend un système de refroidissement de sa surface externe, par circulation d'eau froide dans une double enveloppe par exemple (eau entre 60°C et 0°C). On peut même envisager de refroidir la filière 7 par une saumure à température négative (-1°C à –20°C).

Cette combinaison de la température de refroidissement de la filière 7 et des forces de cisaillement aux parois internes de la filière 7 dépend étroitement de la forme de la filière, de sa longueur, du matériau de réalisation et de son usinage et évidemment des caractéristiques (température, humidité, ...) et du débit de matière fondue à refroidir.

Selon une première réalisation, la filière est une filière ronde en inox 316 L brut de fraisage de 325 mm² de section de passage permettant de texturer 100 kg/heure de matière sur 8 m de longueur (8 sections de 1 m). Le refroidissement est assuré par une eau glacée à 1°C circulant à 500 litres/heure. L'humidité du mélange extrudé est de l'ordre de 72 %.

Selon une deuxième réalisation, la filière est une filière rectangulaire en inox 316 L brut de fraisage de 1200 mm² de section de passage permettant de texturer 350 kg/heure de matière sur 6 m de longueur (6 sections de 1 m). Le

refroidissement est assuré par une eau tiède à 20°C circulant à 1000 litres/heure. L'humidité du mélange extrudé est de l'ordre de 62 %.

La vitesse linéaire de sortie du produit de la filière 7 est de l'ordre de 2 à 10 mètres/minute.

La filière 7 comprend une première portion 15, non refroidie, prolongeant l'extrémité aval de la zone de fusion 11, et au moins une deuxième portion refroidie 16 à l'aide du dispositif ci-dessus. La température du produit en sortie de filière est de 10 à 100°C suivant la rigidité souhaitée.

Dans la première réalisation par exemple, la portion non refroidie 15 a une longueur de 2 mètres.

Selon un mode de réalisation, l'installation comporte entre l'extrémité aval 6 de la zone de fusion 11, et la filière d'extrusion 7, un premier adaptateur.

Ce premier adaptateur consiste généralement en une (ou deux) perforation(s) par laquelle est extrudée la matière fondue et plastifiée. S'il y a deux perforations, celles-ci convergent en une seule sortie. Si la filière d'extrusion est de petit diamètre, les perforations sont généralement coniques. Le premier adaptateur comporte souvent deux perforations latérales dans lesquelles viennent se fixer une sonde de mesure de la température de fusion Tf et une sonde de mesure de la pression P. La sortie du premier adaptateur peut être ronde, ovale, carrée, rectangulaire ou de la forme intérieure exacte de la filière d'extrusion (celle-ci pouvant être de forme ludique...).

Selon une réalisation, l'extrudeur comprend, outre le premier adaptateur, un second adaptateur entre le premier adaptateur et la filière d'extrusion.

Ce second adaptateur peut être de forme intérieure variée selon la forme intérieure du premier adaptateur et celle de la filière d'extrusion. Il peut comporter une plaque de diffusion constituée de plusieurs dizaines de

perforations de petites tailles permettant de diviser le flux de matière fondue et plastifiée.

Généralement, on s'arrange pour que la surface totale des perforations de la plaque de diffusion constitue une restriction de l'ordre de 10 à 50 % par rapport à la section de passage dans la filière d'extrusion.

Selon une réalisation une pompe d'extrusion est insérée entre le deuxième adaptateur et la filière, destinée à réaliser une poussée régulière dans la filière pour une meilleure stabilisation de l'écoulement.

De plus, plusieurs filières de refroidissement peuvent être disposées parallèlement en sortie du fourreau à vis.

On décrit maintenant l'impact du traitement thermo-mécanique dans l'extrudeur sur les produits obtenus en sortie de filière.

Grâce aux températures élevées utilisées dans la zone de fusion, les composants thermo-coagulables du mélange subissent une plastification. On entend par protéines thermo-coagulables des protéines telles que les protéines de lactosérum, le blanc d'œuf, des globulines, des protéines musculaires de poisson ou de viande, par opposition à des protéines de type non thermo-coagulables telles que des caséines ou le collagène. Ces protéines thermo-coagulables ont la propriété de gélifier ou coaguler vers 50-90°C, et d'être ainsi sous forme de coagulum ou gel solide à 100°C.

L'état de plastification est atteint à des températures de l'ordre de 130 à 200°C, généralement autour de 145-170°C, ceci pour des humidités en cours d'extrusion de l'ordre de 50 à 80 %, généralement entre 60 et 75 %, et des taux de matière grasse sur matière sèche en cours d'extrusion de l'ordre de 0 à 40%, généralement entre 2 et 20 %.

Les forces de cisaillement entraînent a priori un réchauffement par friction. La pression dans l'extrudeur n'influencerait pas les interactions moléculaires, notamment entre protéines, mais permettrait d'atteindre des températures élevées de 130-200°C sans ébullition ou formation de vapeur.

De façon surprenante, le passage par cet état de plastification des protéines thermo-coagulables, notamment des protéines de lactosérum, confère au mélange transféré dans le fourreau une viscosité originale, vraisemblablement assez fluide, viscosité entre 1000 et 500 000 centipoises, propre à lui donner une texture spécifique lors du refroidissement dans la filière.

On suppose que la consistance du mélange passe successivement d'un état solide en début de zone 10, à un état liquide dans la zone de fusion 11 (viscosité de 1000 à 100 000 centipoises), à un état visqueux (viscosité de 100 000 à 500 000 centipoises) dans la zone non refroidie 15 de la filière 7, zone non refroidie dans laquelle se ferait l'alignement progressif du mélange en filets de fluide, puis enfin, à un état solide dans la zone refroidie 16 de la filière, zone refroidie dans laquelle des fibres orientées à l'état solide se forment.

Lors de la plastification, les protéines, notamment de lactosérum, ont leur structure modifiée, une nouvelle structure se constituant sous l'action conjuguée du refroidissement et des forces de cisaillement dans la filière.

Les constituants du mélange, notamment les protéines de lactosérum se réarrangent sous forme d'une structure macroscopique et microscopique orientée, constituée de couches superposées, de fibres alignées ou enchevêtrées, avec des ramifications multiples, voire fibres organisées en chevrons. Les fibres sont désignées indifféremment ultrafibres ou fibres en réseau ramifiées dans le texte

On va maintenant décrire les produits obtenus 17 par le procédé décrit précédemment.

En sortie de filière 7, le produit obtenu 17 avant un éventuel traitement ultérieur, par exemple de découpe ou dilacération, se présente sous la forme d'un boudin 18, par exemple cylindrique et de diamètre voisin du diamètre de la filière dans le cas d'une filière de section circulaire, produit en continu pour un procédé en continu.

Ce boudin 18 comprend un ensemble de fibres qui peuvent être séparées, par exemple manuellement, par paquet de fibres, voire individualisées en ultrafibres.

Les fibres ont typiquement un diamètre fonction des matières premières utilisées et des conditions opératoires au sein du fourreau et de la filière de l'extrudeur.

Avant traitement de type hachage, la longueur des fibres peut être élevée, de l'ordre de plusieurs centimètres, par exemple 4 ou 5 centimètres.

L'observation à fort grossissement par exemple 50 fois du produit 17 révèle que cette structure fibrée du produit visible à l'échelle macroscopique se retrouve à l'échelle microscopique. Cette structure s'apparente à une structure de type fractale, auto-reproduite, c'est à dire que les ramifications des fibres semblent non finies à l'image d'un réseau hydrographique. Les ramifications s'étendent vers l'infiniment petit : la même structure ramifiée est aperçue à chaque niveau de grossissement. Cette structure extrêmement finement fibrée s'apparente également à celle des muscles striés squelettiques de mammifères, constituée en cascade de filaments, microfilaments et fibrilles. On qualifie ces fibres d' "ultrafibres" du fait de leur caractère extrêmement fin.

Les amas de fibres les plus gros ont couramment des dimensions au moins de 5 à 20 cm de long et un diamètre de 0.5 à 2 mm, voire de l'ordre du cm pour des filières de 20 à 30 mm de diamètre.

Les fibres associées peuvent être très petites, jusqu'à la limite de la perception visuelle, c'est à dire une dimension de l'ordre de 1 à 2 mm de long pour un diamètre de 0.02 à 0.1 mm.

On présume que ce réseau de fibres se décompose jusqu'à l'échelle moléculaire.

Selon la composition du mélange initial introduit dans l'extrudeur, et les conditions de fonctionnement de l'extrudeur, notamment les températures et les pressions utilisées, une large gamme de textures orientées est obtenue.

Cette structure fibrée conduit à des propriétés rhéologiques et organoleptiques spécifiques du produit et de ses dérivés, difficiles à caractériser de façon instrumentale. Un échantillon de fibres de 30 mm de diamètre et 25 mm de longueur présente une élasticité proche des composés viscoélastiques de type synthétique : coefficient de relaxation de 60 à 90%, comparé à 100% pour le caoutchouc. L'homme du métier sait que la perception sensorielle humaine est telle que les dimensions de l'ordre de 10 µm sont détectées en bouche.

Les figures 3 à 6 illustrent le produit extrudé à structure fibreuse.

Selon un mode de réalisation, les produits en sortie de filière subissent des traitements ultérieurs, servant de matériau de base ou d'ingrédient pour des préparations alimentaires très diverses, incorporés typiquement à raison de 15 à 70 % dans ces préparations.

Selon un mode de réalisation, le produit extrudé subit un hachage à l'aide d'un hachoir, et/ou une découpe, un écrasement, une dilacération, un déchiquetage, etc., de manière à obtenir des fibres hachées formant des miettes ou des faisceaux. Ces miettes peuvent être de dimensions très réduites jusqu'au niveau permis par le traitement mécanique de séparation des fibres.

Ces fibres ou ultrafibres hachées sont utilisées pour une étape de reprise culinaire, mélangées à d'autres ingrédients culinaires divers, tels que par exemple du fromage, du lait, des céréales, de l'amidon, des épices, des aromates, afin de former une mêlée.

Cette mêlée est de composition variable selon les produits finaux que l'on souhaite obtenir à l'aide des fibres. Les figures 7 et 8 illustrent une préparation alimentaire 19 comprenant une matrice 20 incorporant des faisceaux 21. La figure 9 met en évidence des fibres 22 visibles dans cette matrice 20.

Les produits dérivés élaborés sont par exemple des en-cas, sandwichs, goûters, préparations pour plats cuisinés, steaks ou saucisses au fromage.

Ainsi, selon un mode de réalisation, la mêlée est mise en forme par exemple par un formage mécanique dans une formeuse, sous protection sanitaire rapprochée.

Selon une autre réalisation, la mêlée est mise en forme dans un boyau qui subit des étapes de pasteurisation, de tranchage, et éventuellement d'enrobage ou de décoration.

Les produits élaborés peuvent être par exemple cuits en moule, démoulés ou non, puis conditionnés.

Ces produits élaborés peuvent également servir de matière première à d'autres préparations culinaires, en suivant une étape de fritage, cuisson, pasteurisation, stérilisation, etc.

On présente maintenant quelques exemples de préparations culinaires dérivées incorporant le produit obtenu en sortie de l'extrudeur, produit à base de protéines de lactosérum et à texture fibreuse, ce produit étant désigné sous le terme protéines de lactosérum texturées dans ces exemples. .

**Exemple de préparation n° 1** : formulation d'un steak reconstitué sans viande à base de protéines de lactosérum texturées (40 %), d'emmental (13 %), de gouda (7 %), de cheddar (5 %), de lait entier pasteurisé (18 %), d'amidon de manioc (3 %), de flocons de céréales (8 %), de caséinate de sodium (2 %), d'eau (3 %) et d'épices (1%).

Cette préparation est mélangée au pétrin, pasteurisée, formée, décorée, et gratinée au four.

**Exemple de préparation n° 2** : formulation et production de saucisses sans viande à base de protéines de lactosérum texturées (77 %), de cheddar (10 %), d'amidon de manioc gros grains (6 %), d'huile de tournesol (3 %), de divers autres ingrédients laitiers (3 %) et d'épices (1 %).

Cette préparation est barattée sous vide, poussée en boyau et cuite à la vapeur.

**Exemple de préparation n° 3** : formulation et production de nuggets panés au fromage à base de protéines de lactosérum texturées (25 %), d'emmental (14 %), de gouda (14 %), de chapelure (13 %), d'eau (19 %), d'amidon de pomme de terre (11 %), de protéines de lait (3 %) et d'épices (1 %).

Cette préparation est mélangée au cutter, formée, enrobée, farinée, panée et frite à l'huile.

**Exemple de préparation n° 4** : formulation et production d'un ingrédient culinaire riche en protéines de lait à doser dans des salades, des entrées froides, des farces et fourrages salés, des potages et des gratins, à partir de protéines de lactosérum texturées (85 %), de marinade épicée à base de lait entier pasteurisé (12 %), de sel (1 %), d'herbes et aromates (2 %).

Cette préparation est préparée par barattage sous vide.

**Exemple de préparation n° 5** : formulation et production d'une galette sucrée à base de protéines de lactosérum texturées (55 %), de fruits secs (12 %), de farine de blé (12 %), de flocons de céréales toastés (8 %), de sucre (7 %), de lait (5 %) et d'extrait de vanille (1%).

Cette préparation est préparée par mélange au cutter, dosage, décoration, cuisson sur une plaque et gratinage.

**Exemple de préparation n° 6** : formulation et production d'une pâte à tartiner sucrée à base de protéines de lactosérum texturées (25 %), de yaourt (55 %), de fruits frais (12 %), de pistache (4 %), de sucre (3 %) et d'un agent gélifiant (1 %).

Cette préparation est préparée au cutter sous vide et dosée directement en pot.

**Exemple de préparation n° 7** : formulation et production d'une pâte à tartiner salée grasse à base de protéines de lactosérum texturées (15 %), et/ou de fromage frais gras (80 %), d'extrait d'ail (3 %) et de ciboulette, de sel et d'autres épices (2 %).

Cette préparation est préparée par mélange avec un foisonneur avec injection de gaz, pompage et dosage en ligne.

Selon un autre mode de réalisation, il est possible, à l'aide de l'extrudeur, de fabriquer un produit alimentaire fourré. Un produit de fourrage alimentaire est introduit par une tête de coextrusion 23 débouchant dans la filière de l'extrudeur. Le produit de fourrage est par exemple introduit à une température inférieure à 25°C environ, de manière à refroidir l'interface avec la spécialité fromagère ou laitière extrudée à l'extérieur.

Le produit résultant est ainsi constitué d'une couche périphérique de matière fromagère ou laitière à la texture orientée dans le sens d'écoulement dans la filière, et d'un fourrage alimentaire de composition variée.

Le processus de coextrusion peut bien entendu s'appliquer à un mélange constitué exclusivement de matières premières fromagères ou laitières, mais également à des formules plus complexes constituées pour une partie minoritaire par des ingrédients alimentaires d'origines diverses : blé, soja, maïs, pois, riz, légumes, etc.

Le fourrage peut être une préparation fromagère ou laitière, par exemple un fromage fondu, mais aussi un fourrage d'origine végétale, charcutière, marine, à base d'aromates, etc.

On peut également, après l'étape d'extrusion/coextrusion, enrober le produit d'un produit d'enrobage tel que des céréales ou autres produits solides comestibles.

On peut ainsi obtenir un produit en trois couches composées d'un fourrage interne, d'une enveloppe en spécialité fromagère ou laitière, et d'un enrobage.

Selon l'outil de découpe 8 utilisé, la forme du produit peut être également ajustée, par exemple à l'aide d'un outil de découpe par pincement pour obtenir une forme allongée en coussin. Dans le cas d'un produit avec fourrage obtenu avec coextrusion, cette réalisation permet, moyennant un traitement mécanique du produit, d'enfermer le fourrage totalement à l'intérieur du produit.

On décrit maintenant plus précisément les matières premières utilisées dans le procédé.

La composition du mélange introduit dans l'extrudeur est sensiblement la même que celle du produit en sortie de filière ; de l'eau peut éventuellement être perdue en sortie de filière, par évaporation, à raison de 1 à 5% environ.

La matière sèche du mélange comprend 30 à 100% de matière sèche issue de lactosérum.

Lorsque la matière issue de lactosérum est une poudre introduite dans la zone d'alimentation, la poudre est obtenue après concentration ultrafiltration et/ou séparation sur colonnes de chromatographie préparative puis séchage par atomisation.

La matière issue de lactosérum introduite sous forme liquide dans l'extrudeur est par exemple un concentré obtenu après ultrafiltration ou diafiltration du lactosérum par exemple.

En complément de la matière sèche issue de lactosérum plus ou moins séché ou concentré, la matière sèche du mélange comprend par exemple, des matières grasses végétales ou laitières (dont beurre et crème), du blanc d'œuf liquide ou sec, des protéines végétales plus ou moins concentrées ou isolées, des farines végétales, des amidons, des hydrocolloïdes alimentaires, des arômes et des colorants.

Le lactosérum peut être du lactosérum doux issu de fromagerie ou de caséine présure, ou du lactosérum acide issu de caséinerie acide.

Le taux de caséine de la matière sèche est faible, généralement inférieur à 10 %, ce qui exclut l'utilisation de caillés de fromagerie, ou de complexe avec des caséines en proportion élevée.

Les protéines végétales sont, selon une réalisation, des protéines de blé, pures ou sous forme d'un mélange de glutens panifiables (glutens à 70 - 75 % de protéines, selon le taux d'amidon et de son restant lors de l'extraction aboutissant au concentrat protéique).

Selon une réalisation, au lieu d'utiliser de la poudre de gluten de blé, on utilise une poudre ou une solution de pois, de lupin ou de soja, ou des protéines de blanc d'œuf.

On présente maintenant quelques exemples de formulation détaillée du mélange.

**Exemple 1**

- Concentré protéique de lactosérum en poudre à 75 % de protéines :16 % ;
- eau : 66 % ;

- caséinate de sodium : 1,7 % ;
- concentré protéique de blé à 72 % de protéines (13 %)
- blanc d'œuf en poudre : 1,1 % ;
- glucides complexes : 0,5 % ;
- matières grasses laitières 1 % ;
- sel (0,4 %) ;
- arômes et aromates : 0,3 %.

**Exemple 2**

- Concentré protéique liquide de lactosérum à 30 % de protéines : 40 % ;
- eau : 30 % ;
- caséine native ultrafiltrée en poudre : 3,7 % ;
- concentré protéique de pois à 68% de protéines : 6 % ;
- concentré protéique de blé à 72% de protéines : 6%
- blanc d'œuf liquide : 10 % ;
- glucides complexes : 1 % ;
- matières grasses laitières : 2,5 % ;
- sel (0,7) ; arômes et aromates : 0,1 %.

**Exemple 3**

- Fromage de lactosérum à 10 % de protéines : 78 % ;
- concentrat protéique de lactosérum en poudre à 80 % de protéines : 18 % ;
- caséinate de sodium : 1 % ;
- glucides complexes : 1 % ;
- beurre : 2 %.

**Exemple 4**

- Concentré protéique liquide de lactosérum à 30 % de protéines : 80 % ;
- caséine presure : 3,2 % ;
- concentré protéique de pois à 65 % de protéines : 4 % ;
- concentré protéique de blé à 72 % de protéines : 4 % ;
- concentré protéique de soja à 67 % de protéines : 4 % ;
- blanc d'œuf en poudre : 1 % ;

- glucides complexes : 1 % ;
- matières grasses laitières : 2 % ;
- sel : 0,7 %
- arômes et aromates : 0,1 %.

**Exemple 5**

- Eau : 72 % ;
- isolat protéique de lactosérum en poudre à 90 % de protéines : 9 % ;
- caséinate de calcium : 0,4 % ;
- concentré protéique de blé à 72 % de protéines : 15 % ;
- glucides complexes : 1 % ;
- huile d'arachides : 2 % ;
- sel : 0,6 %.

**Exemple 6**

- Eau : 70 % ;
- concentrat protéique de lactosérum en poudre à 80 % de protéines : 26,3 % ;
- caséinate de sodium : 0,3 % ;
- glucides complexes : 0,9 % ;
- beurre : 2,5 %.

**Exemple 7**

- Eau : 61 % :
- concentré protéique de lactosérum en poudre à 82 % de protéines : 23 % ;
- concentré protéique de blé à 12 % de protéines : 13 % ;
- blanc d'œuf en poudre : 1 % ;
- épices (1 %), matières grasses végétales (0,5 %), sel (0,5 %).

# REVENDICATIONS

1. Produit alimentaire (17) obtenu par cuisson-extrusion d'un mélange d'origine laitière ou fromagère qui comprend des protéines de lactosérum, caractérisé en ce qu'il présente une structure fibreuse orientée, les fibres formant un réseau de fibres macroscopiques, d'un diamètre de l'ordre de 0.1 mm à 1 mm, ramifiées en fibres microscopiques d'un diamètre de l'ordre de 1 µm à 0.1 mm

2. Produit selon la revendication 1 caractérisé en ce que la matière sèche du produit comprend 30 à 100% de matière sèche issue de lactosérum.

3. Produit selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce qu'il comprend 15 à 50% de matière sèche et typiquement 25 à 40%, la matière sèche comportant au moins 35% de protéines totales.

4. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que la matière sèche de lactosérum comprend des protéines isolées ou concentrées, et/ou du lactosérum entier séché, et/ou des fractions de lactosérum séchées comme du lactose, des matières grasses de lait, de la lactoferrine, du calcium ou autres minéraux ou fractions du lait.

5. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce qu'il comprend en plus des protéines de lactosérum d'autres fractions protéiques du lait de type caséines ou caséinates, du fromage, du lait séché ou concentré, la matière sèche du produit comprenant de préférence moins de 10% de caséines.

6. Produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'il comprend, en plus des protéines de lactosérum, des protéines non laitières, choisies parmi des protéines végétales concentrées ou isolées, notamment de gluten de blé, de soja ou de pois, du blanc d'œuf liquide ou sec,

les protéines non laitières représentant 0 à 70% de la matière sèche du mélange, et typiquement 20 à 50%.

7. Préparation alimentaire (19) incorporant un produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ajouté à des ingrédients divers choisis parmi notamment du fromage, du lait et produits dérivés (fromage blanc, yaourt, crème, beurre, poudres de lait...), des céréales, des amidons, farines ou semoules, des épices, des aromates, des morceaux de viande ou de poisson, des légumes, des fruits et fruits secs, des ingrédients sucrés (sucre, miel...), des matières grasses, des arômes, de manière à composer des plats cuisinés, des en-cas, sandwichs, goûters, préparations pour petit déjeuner, des ingrédients culinaires, des snacks ou saucisses de fromage, des produits végétariens, des pâtes à tartiner, des pâtés...

8. Préparation alimentaire selon la revendication 7 caractérisé en ce qu'elle présente une matrice (20) incorporant des fibres ou des faisceaux de fibres de dimensions de l'ordre du mm ou du cm, la préparation ayant des dimensions de l'ordre de quelques centimètres.

9. Préparation alimentaire selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8 caractérisée en ce qu'elle est mise en forme par formage mécanique, par dosage et moulage, ou mise en boyau puis pasteurisée et tranchée, les préparations obtenues pouvant être décorées, marquées, cuites ou pré-cuites, pasteurisées, stérilisées, conditionnées.

10. Préparation alimentaire fourrée caractérisée en ce qu'elle comprend un produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, entourant un produit de fourrage laitier ou non laitier.

11. Préparation alimentaire enrobée caractérisée en ce qu'elle comprend un produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, entouré d'un produit d'enrobage laitier ou non laitier.

12. Préparation alimentaire selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, caractérisée en ce qu'elle comprend des sels, épices, aromates, arômes, de l'huile ou autres matières grasse, un correcteur d'acidité tel que de l'acide lactique.

13. Procédé de fabrication de produits présentant une structure fibreuse selon l'une selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

a) introduction des matières premières contenant des protéines de lactosérum, dans un extrudeur à au moins une vis (1) ;

b) transfert des matières premières de l'amont vers l'aval du fourreau (2) de l'extrudeur, la configuration de la ou des vis et la température à l'intérieur du fourreau, de l'amont vers l'aval étant adaptés pour faire subir aux matières premières successivement une étape de malaxage et de chauffage de la matière jusqu'à une température de 130°C environ, puis une étape de fusion et de montée en température et en pression de la matière au-delà de 130°C, généralement entre 140°C et 200°C, et entre 0 et 50 bars, de manière à obtenir la plastification de la matière transférée notamment des protéines de lactosérum ;

c) extrusion, à l'extrémité aval (11) du fourreau (2), de la matière obtenue après plastification, à travers une filière (7) adaptée à texturer, à mettre en forme et à refroidir la matière, de manière à obtenir un produit présentant une texture fibrée

14. Procédé de fabrication selon la revendication 13 caractérisé en ce que le refroidissement de la matière extrudée se fait dans la filière (7) jusqu'à une température de 100°C, voire moins entre 80°C et 10°C, et comprend un premier refroidissement dans une zone non refroidie (15) de la filière en sortie du fourreau, puis un second refroidissement dans une zone refroidie (16) de la filière, le premier refroidissement correspondant à une zone d'alignement du mélange fondu qui est à un état visqueux selon une viscosité comprise entre 1000 et 500 000 centipoises, le second refroidissement correspondant à une zone de changement de phase de l'état visqueux à l'état solide, la vitesse

linéaire de passage du produit en sortie de filière (7) étant de l'ordre de 2 à 10 m/min.

15. Procédé de fabrication selon la revendication 13 ou 14 caractérisé en ce que le chauffage à l'étape b) jusqu'à 130°C est progressif ou par paliers.

16. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 13 à 15 caractérisé en ce que les températures dans le fourreau et la filière sont modifiées pour ajuster la texture des produits finis.

17. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 13 à 16 caractérisé en ce que le mélange introduit dans l'extrudeur (1) est sous forme de poudre, toute l'eau nécessaire étant introduite avant l'étape de fusion, ou sous forme liquide ou pâteuse.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, caractérisé en ce que les protéines de lactosérum sont issues de concentrats ou isolats de protéines de lactosérum de 50 à 90 % de pureté, de préférence de 70 à 80 %, comprenant en outre du lactose, des matières grasses, des minéraux, des protéines secondaires du type caséine macropeptide.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de découpe en sortie de filière (7) de type hachage, coupe, écrasement, dilacération, déchiquetage ou analogue, de manière à obtenir des fibres hachées formant des miettes ou des faisceaux.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 19, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de séchage du produit en sortie de filière après découpe pour obtenir des fibres le cas échéant réhydratables pour des préparations alimentaires

21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 20, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de reprise culinaire utilisant les fibres

hachées mélangées à des ingrédients divers tels que du fromage, du lait et produits dérivés, des céréales, des amidons, farines ou semoules, des matières grasses, des épices, des aromates, des arômes.

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 21, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de mise en forme comprenant des opérations de formage mécanique dans une formeuse ou de dosage et moulage, ou une étape de mise en boyau suivie de pasteurisation et de tranchage, les produits obtenus subissant le cas échéant au moins une des étapes suivantes : décoration, enrobage, marquage, fourrage, frittage, cuisson, pasteurisation, stérilisation, conditionnement.

23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 22, caractérisé en ce que, à l'étape d'extrusion, on fourre la matière transférée dans la filière d'un produit de fourrage introduit par une tête de coextrusion débouchant dans la filière.

24. Procédé selon la revendication 23, caractérisé en ce que l'on réalise le produit de fourrage par un procédé d'extrusion.

25. Installation de fabrication pour la mise en œuvre du procédé conforme à l'une des revendications 13 à 24, comprenant un extrudeur à vis (1) comportant deux vis sensiblement identiques s'engrenant l'une dans l'autre et entraînées en rotation dans un même sens de rotation à l'intérieur d'un fourreau allongé, des moyens d'alimentation disposés à une partie extrême amont du fourreau (2) équipés d'au moins un dispositif de dosage adapté à fournir le mélange à un débit prédéterminé, une filière d'extrusion (7) située à l'extrémité aval (6) dudit fourreau, des moyens de traitement thermique (8a) adaptés à réguler finement la température à l'intérieur du fourreau et de la filière d'extrusion, ledit fourreau comprenant :

- une première zone (9) d'alimentation de la formulation du produit
- une deuxième zone (10) de malaxage, le cas échéant d'hydratation, et de chauffage de la matière jusqu'à au moins 130° à cœur

- au moins une troisième zone (11) de fusion, de montée en température et en pression de la matière au-delà de 130°C, généralement entre 140 et 200°C, et entre 0 et 50 bars, selon la composition de la formule, dans laquelle se fait la plastification des protéines notamment des protéines de lactosérum.

26. Installation selon la revendication 25, caractérisée en ce que la deuxième zone (10) de malaxage et de chauffage comprend entre 2 et 5 modules, la troisième zone (11) de fusion comprend 1 à 3 modules, le rapport entre la longueur des vis et le diamètre des vis étant compris entre environ 10 et 33, et typiquement entre 25 et 33.

27. Installation selon la revendication 25 ou 26, caractérisée en ce que la filière d'extrusion comprend une première portion non refroidie (15) adjacente à l'extrémité aval de l'extrudeur à vis, suivie d'au moins une portion de refroidissement (16), correspondant respectivement à une zone d'alignement de la matière fondue à un état visqueux, et à une zone de changement de phase de l'état visqueux à l'état solide.

28. Installation selon l'une quelconque des revendications 25 à 27, caractérisée en ce que la fixation de la filière (7) sur le fourreau (2) se fait par au moins un et typiquement deux adaptateurs, un premier adaptateur constitué d'une ou deux perforations par la(es)quelle(s) est extrudée la matière fondue et plastifiée, et un second adaptateur situé entre le premier adaptateur et la filière d'extrusion, destiné à équilibrer les pressions et le flux de matière.

29. Installation selon l'une quelconque des revendications 25 à 28, caractérisée en ce que la filière d'extrusion a une forme intérieure adaptée au produit fini, sa dimension étant paramétrée pour permettre un refroidissement de la matière fondue et plastifiée jusqu'à 100°C, voire moins entre 80 et 10°C, sa surface intérieure étant d'une rugosité contrôlée également pour exercer des forces de cisaillement sur le produit au cours du refroidissement, la combinaison entre le refroidissement et les forces de cisaillement aux parois étant à l'origine de la texturation en continu de la matière refroidie pour former des fibres.

30. Installation selon l'une quelconque des revendications 25 à 29, caractérisée en ce qu'elle comprend une pompe d'extrusion située par exemple entre la première ou la deuxième interface et la filière, permettant une poussée régulière dans la filière afin de stabiliser l'écoulement des produits.

31. Installation selon l'une quelconque des revendications 25 à 30, caractérisée en ce qu'une tête de coextrusion débouche dans la filière d'extrusion.

UNSCANNABLE ITEM

RECEIVED WITH THIS APPLICATION

(ITEM ON THE 10TH FLOOR ZONE 5 IN THE FILE PREPARATION SECTION)

2311271

DOCUMENT REÇU AVEC CETTE DEMANDE

NE POUVANT ÊTRE BALAYÉ

(DOCUMENT AU 10 IÈME ÉTAGE AIRE 5 DANS LA SECTION DE LA

PRÉPARATION DES DOSSIERS)