

Boisson végétale de céréale riche en bêta-glucane

Domaine de l'invention

La présente invention concerne une boisson végétale à base de céréale riche en bêta-glucane, ainsi que des procédés de préparation d'une telle boisson végétale.

Arrière-plan technique

La consommation de boissons végétales est ancienne et est pratiquée partout dans le monde. Elles sont ainsi mentionnées dans des livres de recettes à partir du dixième siècle.

Il existe aujourd'hui de nombreuses boissons végétales. Notamment, des boissons végétales peuvent être produites à partir d'oléagineux, tels que l'amande, la cacahuète, la noisette, la noix, la noix de cajou et la pistache, de céréales, telles que l'avoine, le riz, l'épeautre, l'orge et le millet, de légumineuses, telles que le soja, le lupin et le pois, de noix de coco ou d'autres graines, telles que les graines de chia, les graines de citrouille, les graines de lin, les graines de quinoa, les graines de sésame, les graines de tournesol et les graines de chanvre.

Outre des considérations gustatives, les boissons végétales sont consommées pour diverses raisons, par exemple en raison de l'adoption d'un régime alimentaire végétarien ou végétalien ou en raison d'une allergie ou d'une intolérance à un composant du lait animal (notamment, allergie aux protéines de lait, ou intolérance au lactose).

De manière générale les boissons végétales sont en général plus digestes que les laits animaux, car moins grasses et sans caséine. Les boissons végétales sont également utilisées pour la production de nombreuses préparations alimentaires, comme les crèmes glacées ou les fromages.

Parmi toutes ces boissons végétales, l'utilisation de céréales telles que l'avoine ou l'orge peut aboutir à des bienfaits sur la santé. Ces deux céréales

contiennent une quantité importante de bêta-glucane qui peut être à l'origine de nouvelles boissons végétales.

Les bêta-glucanes sont des polysaccharides naturels présents dans divers organismes, notamment les plantes (comme l'avoine et l'orge), les champignons (comme le shiitake et le reishi), et certaines algues et bactéries. Ce sont des molécules composées de glucose liés entre eux par des liaisons β -glycosidiques.

Les bêta-glucanes sont connus pour leurs propriétés biologiques et fonctionnelles bénéfiques pour la santé. Ils sont souvent considérés comme des fibres alimentaires solubles et ont été étudiés pour leurs bénéfices immunomodulateurs, antioxydants, hypocholestérolémiants et antitumoraux potentiels. Les bêta-glucanes sont dès lors utilisés comme ingrédients fonctionnels dans les compléments alimentaires, les aliments santé et les produits cosmétiques.

L'avoine et l'orge ainsi que les co-produits issus de ces céréales et provenant des malteries, brasseries et laiteries végétales sont connus pour contenir des taux élevés de bêta-glucane. Parmi les principales céréales (blé, seigle, avoine et orge), l'avoine et l'orge sont celles dont les grains contiennent les plus grandes quantités de bêta-glucanes. Les grains d'avoine et d'orge sont constitués de 4 composants principaux :

- Les glumelles ou barbes (appelées aussi pellicule dans le présent texte) : c'est l'écorce fibreuse qui entoure le grain entier. L'opération consistant à retirer cette partie est appelée « *ébarbage* » ou « *dépelliculage* ». Le grain débarrassé de ces glumelles est appelé gruau.
- Le son : c'est l'enveloppe protectrice (couche extérieur) de la graine. Cette partie est très riche en fibre et bêta-glucane
- L'amande : c'est le cœur de la graine sans son enveloppe protectrice. L'opération qui consiste à retirer l'enveloppe du grain s'appelle le décortilage. L'amande broyée est connue sous le nom de farine.
- L'endosperme : c'est la partie principale de l'amande. Il contient les carbohydrates sous forme d'amidon et les protéines.
- Le germe : c'est la partie la plus petite de l'amande. Il contient en majorité les matières grasses du grain.

Les bêta-glucanes de l'avoine se trouvent dans l'endosperme et son enveloppe. Il faut donc décortiquer et fractionner le grain entier pour produire du son commercial enrichi en bêta-glucanes. En ayant recours à la technologie

et à certaines conditions de transformation, on peut obtenir un son d'avoine naturel à teneur élevée en fibres alimentaires (tel que jusqu'à 44 %) et en bêta-glucanes (jusqu'à 22 %). Dans l'orge nue, les bêta-glucanes sont répartis plus uniformément dans le grain ; par conséquent, même les produits raffinés, comme la farine d'orge, contiennent des bêta-glucanes.

Les produits et coproduits provenant de l'utilisation de l'avoine et l'orge, notamment en malterie, brasserie, distillation, laiterie végétale et meunerie, sont également riches en bêta-glucanes

Les régimes alimentaires comprenant les fibres solubles de certains aliments et ayant une teneur faible en acides gras saturés et en cholestérol peuvent réduire le risque de coronaropathie. Des études récentes ont permis de déterminer que le bêta-glucane est le composant physiologiquement actif responsable de l'effet hypocholestérolémiant qui a été observé avec la consommation d'avoine. L'allégation de santé selon laquelle une consommation régulière de bêta-glucane permet de réduire le taux de cholestérol et les risques de coronaropathie est actuellement autorisée par la FDA (Food and Drug Administration) des États-Unis et par l'AESA (l'Autorité européenne de sécurité des aliments).

Les bêta-glucanes sont des polysaccharides linéaires, non ramifiés, et non amylacés, composé de molécules de glucose liées par des liaisons $\beta(1\rightarrow4)$ et $\beta(1\rightarrow3)$, et ainsi présentent des propriétés physiques de solubilité dans l'eau et de gélification. On pense que la capacité des bêta-glucanes à former des solutions hautement visqueuses à des concentrations relativement faibles dans l'intestin humain représente un élément fondamental des bienfaits de ces substances pour la santé. L'effet hypocholestérolémiant des fibres solubles de bêta-glucanes serait attribuable à plusieurs mécanismes d'action : l'excrétion accrue d'acides biliaires et de cholestérol, la sécrétion réduite d'insuline (entraînant une réduction de la synthèse du cholestérol), la production d'acides gras à chaîne courte (qui pourraient inhiber la biosynthèse du cholestérol), une réduction des taux d'absorption des graisses ainsi qu'une inhibition de la lipase pancréatique ou une activité réduite de la lipase gastrique.

Il a aussi été montré que les bêta-glucanes des céréales réduisent la réponse glycémique, et ce qui pourrait aider à améliorer la régulation métabolique chez les diabétiques.

L'emploi de différentes technologies de fractionnement, pour récupérer les bêta-glucanes contenus dans les grains de céréales, notamment d'avoine ou d'orge, ainsi que dans les produits et coproduits issus de l'utilisation de ces

deux céréales, est malheureusement quasi impossible en raison d'un taux de matières grasses élevé dans les grains et les produits issus de leur utilisation. Ainsi, le taux moyen de lipide dans le gruau d'avoine varie entre 4 et 8 % du poids de matière sèche, provoquant un collage sur les parois du broyeur en cas de broyage direct du grain ou du gruau.

Afin de pouvoir fractionner le grain d'avoine ou d'orge ou les produits et coproduits issus de leur utilisation, une étape préliminaire de déshuilage est nécessaire. Le procédé historique est une extraction à l'hexane. Par exemple, l'article de Wu *et al.*, « *Enriched Protein- and β -Glucan Fractions from High-Protein Oats by Air Classification* », *Cereal Chemistry*, 1995, vol.72, n°1, p.132-134, décrit un procédé d'obtention de fractions enrichies en protéines et en bêta-glucanes à partir d'avoine, dans lequel l'avoine est d'abord dépelliculé dans un broyeur à broches, le gruau récupéré est ensuite dégraissé à l'aide d'hexane, et le gruau délipidé est ensuite broyé puis soumis à une séparation aéraulique.

Cependant, l'utilisation de ce solvant a plusieurs inconvénients majeurs. Tout d'abord, il est produit à partir du pétrole, avec pour conséquence de fortes émissions de gaz à effet de serre (par exemple, 620 kg CO₂eq/t). De plus, son degré de toxicité est important et après extraction, des résidus d'hexane sont toujours présents dans la céréale soumise au traitement.

Plus récemment, l'hexane a été remplacé par le CO₂ supercritique comme solvant d'extraction. Le principal avantage de l'utilisation de ce solvant est ne pas laisser de résidus toxiques dans la poudre mais cette nouvelle technologie reste très énergivore et coûteuse, et nécessite des investissements importants.

Par exemple, le document WO 2008/096044 décrit un procédé de production de concentrats de bêta-glucane, de protéine, d'amidon et de lipide à partir d'avoine, comprenant une étape d'extraction de l'avoine à l'aide d'un fluide supercritique, une étape de broyage à sec de la fraction délipidée, une étape de séparation de la fraction obtenue en une fraction enrichie en amidon et une fraction enrichie en bêta-glucane et une étape de séparation par tamisage ou par séparation aéraulique de la fraction enrichie en amidon pour obtenir 3 fractions : une fraction comprenant un concentrat de protéine, une comprenant un concentrat de bêta-glucane et une fraction comprenant un concentrat d'amidon.

L'article de Sibakov *et al.*, « *Lipid Removal Enhances Separation Of Oat Grain Cell Wall Material From Starch And Protein* », *Journal of Cereal Science*, 2011, vol.54, n°1, p.104-109, décrit un procédé comprenant un broyage de

gruau d'avoine, une extraction des lipides à base de CO₂ supercritique, suivie d'un broyage puis d'une première étape de séparation aéraulique de l'avoine délipidé. La fraction de plus grosses particules obtenue est soumise à un broyage et à une seconde étape de séparation aéraulique pour obtenir une fraction enrichie en bêta-glucanes. La fraction de particules plus fines obtenue à l'issue de la première étape de séparation aéraulique est également soumise à une autre étape de séparation aéraulique pour obtenir une fraction enrichie en protéines et une fraction enrichie en amidon.

En outre, les procédés d'extraction des bêta-glucanes de céréales actuellement utilisés peuvent entraîner certains effets négatifs qui peuvent altérer leurs propriétés et leur fonctionnalité. Ils peuvent par exemple altérer leur structure native, ce qui peut réduire leur capacité à former un gel visqueux dans le tractus intestinal. Cette perte de structure peut entraîner une diminution de leurs effets bénéfiques, tels que la réduction du cholestérol et la régulation de la glycémie.

Il existe donc un réel besoin de fournir des boissons végétales capables d'aider à réduire le taux de cholestérol et les risques de coronaropathie chez le consommateur et pouvant être produites de manière plus respectueuse de l'environnement et avec une dénaturation des composants limitée voire absente.

Résumé de l'invention

L'invention concerne en premier lieu une boisson végétale de céréale comprenant une quantité de bêta-glucane d'au moins 1,2 g/100 mL de boisson végétale.

Dans des modes de réalisation, la boisson végétale est une boisson végétale d'avoine ou d'orge, de préférence une boisson végétale d'avoine.

Dans des modes de réalisation, la boisson végétale comprend une quantité de bêta-glucane d'au moins 1,5 g/100 mL de boisson végétale, de préférence de 1,5 à 5 g/100 mL de boisson végétale.

Dans des modes de réalisation, la boisson végétale comprend une quantité de protéine d'au moins 0,2 g/100 mL de boisson végétale, de préférence de 0,4 à 1,2 g/100 mL de boisson végétale, plus préférentiellement de 0,5 à 1 g/100 mL de boisson végétale.

Dans des modes de réalisation, la boisson végétale comprend une quantité de glucides d'au moins 2 g/100 mL de boisson végétale, de préférence de 4 à 10 g/100 mL de boisson végétale, de préférence encore de 6 à 9 g/100 mL de boisson végétale.

Dans des modes de réalisation, la boisson végétale comprend une quantité de lipide inférieure ou égale à 2,5 g/100 mL de boisson végétale, de préférence inférieure ou égale à 2 g/100 mL de boisson végétale, plus préférentiellement de 1 à 2 g/100 mL de boisson végétale.

Dans des modes de réalisation, la boisson végétale a un dextrose équivalent inférieur à 20.

Dans des modes de réalisation, la boisson végétale comprend une teneur en matière sèche de 8 à 30 % en poids, de préférence de 8 à 15 % en poids, par rapport au poids total de la boisson végétale.

L'invention concerne également un procédé de préparation d'une boisson végétale telle que décrite ci-dessus, comprenant les étapes suivantes :

- la fourniture d'une fraction céréalière pulvérulente comprenant de l'amidon et comprenant une quantité de bêta-glucane supérieure ou égale à 10 % en poids, par rapport au poids total de la fraction ;
- le mélange de ladite fraction avec de l'eau, de manière à obtenir une suspension ; et
- l'hydrolyse de l'amidon dans la suspension.

Dans des modes de réalisation, l'hydrolyse de l'amidon est effectuée par introduction dans la suspension d'au moins une enzyme choisie dans le groupe constitué des saccharidases, de préférence une α -amylase.

Dans des modes de réalisation, le procédé comprend en outre après l'étape d'hydrolyse de l'amidon, une étape de séparation solide/liquide, de préférence par centrifugation, décantation, pressage à l'aide d'un filtre presse et/ou filtration.

Dans des modes de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de préparation de la fraction céréalière pulvérulente fournie, ladite préparation comprenant les étapes suivantes :

- la fourniture d'au moins une matière céréalière comprenant de l'amidon, des protéines, des lipides et des bêta-glucanes, de préférence une matière céréalière d'avoine et/ou d'orge ;
- le traitement de la matière céréalière par extraction solide/liquide avec une solution d'alcool comprenant au moins 50 % en volume d'alcool, de manière à obtenir une fraction solide appauvrie en lipides et une fraction liquide enrichie en lipides ;
- le broyage de la fraction solide appauvrie en lipides ;

- la séparation des particules de la fraction appauvrie en lipides broyée selon leur taille, de manière à obtenir une fraction enrichie en bêta-glucanes et une fraction appauvrie en bêta-glucanes; et
- la récupération de la fraction enrichie en bêta-glucanes en tant que fraction céréalière pulvérulente.

Dans des modes de réalisation, la matière céréalière est au moins un grain de céréale et/ou au moins un produit issu des industries de malterie, de fabrication d'extraits de malt, de brasserie, de distillation de céréale, de laiterie végétale et/ou de meunerie.

La présente invention permet de répondre au besoin exprimé ci-dessus. Elle fournit plus particulièrement une boisson végétale présentant de bonnes propriétés organoleptiques et une composition nutritionnelle bénéfique pour la santé de son consommateur, et en particulier capable d'avoir un effet hypocholestérolémiant, de réduire les risques de coronaropathie et/ou réduire la réponse glycémique. La boisson végétale selon l'invention peut en outre être produite au moyen d'un procédé simple et économique, conduisant à une faible dénaturation des composants d'intérêt de la boisson végétale, et qui est respectueux de l'environnement.

Cela est accompli grâce à la présence d'une certaine quantité minimale de bêta-glucane dans la boisson végétale.

Cette quantité de bêta-glucane dans la boisson végétale peut en particulier être atteinte grâce à la mise en œuvre d'un procédé de préparation utilisant comme matière première une matière à base de céréale et incluant, dans des modes de réalisation avantageux, un procédé de séparation spécifique d'une matière céréalière permettant le fractionnement de composants d'intérêt, dont les bêta-glucanes.

Le procédé de préparation selon l'invention comprend avantageusement un procédé amélioré de séparation permettant l'isolation d'une fraction riche en bêta-glucane, qui est simple, efficace, plus économique, qui conduit à une faible dénaturation (transformation) des composants fractionnés, notamment des bêta-glucanes, qui est respectueux de l'environnement, c'est-à-dire avec une consommation d'eau plus faible et des émissions de gaz à effet de serre réduites, et générant un minimum d'effluents faciles à recycler. Cela est accompli grâce à la combinaison d'une étape de déshuilage par extraction à l'aide d'un solvant spécifique, à savoir une solution d'alcool comprenant au moins 50 % en volume d'alcool, et d'un procédé de fractionnement par voie sèche utilisant une ou plusieurs étapes de broyage et de séparation. Dans des modes de réalisation particulièrement

avantageux, dans lesquels l'alcool, et en particulier l'éthanol, utilisé pour le déshuilage est recyclé pour être réutilisé dans l'étape d'extraction, le procédé selon l'invention permet de réduire encore davantage les émissions de gaz à effet de serre et ainsi que la consommation de solvants et la génération d'effluents.

Brève description des figures

La **figure 1** représente un organigramme d'un exemple de procédé de séparation pouvant être mis en œuvre dans des modes de réalisation du procédé de préparation selon l'invention.

Description détaillée

L'invention est maintenant décrite plus en détail et de façon non limitative dans la description qui suit.

Sauf indication contraire, tous les pourcentages sont des pourcentages massiques.

Dans le présent texte, les quantités indiquées pour une espèce donnée peuvent s'appliquer à cette espèce selon toutes ses définitions (telles que mentionnées dans le présent texte), y compris les définitions plus restreintes.

Dans le présent texte, par « *fraction enrichie en une substance X* » obtenue après un certain traitement, on entend une fraction dans laquelle le rapport des proportions massiques substance X / matière sèche totale est supérieur à celui de la fraction avant traitement.

Dans le présent texte, les termes « *lipides* », « *huile* » et « *matières grasses* » ont la même signification et sont utilisés de manière interchangeable. Les termes « *boisson végétale* » et « *lait végétal* » ont aussi la même signification.

Au sens de l'invention, on entend par « *étape d'hydrolyse* » une hydrolyse selon tout degré d'hydrolyse.

Boisson végétale

Selon un premier aspect, l'invention concerne une boisson végétale à base de céréale.

Les céréales font partie de la famille des poaceae. Elles produisent des grains, qui comprennent de l'amidon, des protéines, des lipides et des fibres solubles, en particulier des bêta-glucanes. De manière générale, les grains de céréale comprennent au moins une amande entourée d'une enveloppe. Toutefois, dans le présent texte, le terme « *grain* » peut désigner de manière

générale le grain total (complet) ainsi que toute partie du grain (par exemple le grain débarrassé de ses glumelles, ou l'amande, etc.), sauf indication contraire.

Dans la présente invention, la céréale a l'origine de la boisson végétale peut être toute céréale adaptée. Comme exemples de céréale, on peut citer l'avoine, l'orge, le riz, l'épeautre, le millet et les combinaisons de ceux-ci. De manière préférée, la céréale est choisie dans le groupe constitué de l'avoine, de l'orge et des mélanges de ceux-ci. De manière encore plus préférée, la boisson végétale selon l'invention est à base d'avoine.

La boisson végétale comprend des bêta-glucanes, en une quantité d'au moins 1,2 g par 100 mL de boisson végétale. De préférence, la boisson végétale comprend au moins 1,3, de préférence encore au moins 1,4, plus préférentiellement au moins 1,5, encore plus préférentiellement au moins 1,6, encore plus préférentiellement au moins 1,7, encore plus préférentiellement au moins 1,8, g (grammes) de bêta-glucane/100 mL de boisson végétale.

La boisson végétale peut avantageusement comprendre de 1,2 à 5, de préférence de 1,5 à 5, plus préférentiellement de 1,5 à 3, g de bêta-glucane/100 mL de boisson végétale. Dans des modes de réalisation, la boisson végétale selon l'invention comprend de 1,2 à 1,5, ou de 1,5 à 1,7, de 1,7 à 2, ou de 2 à 2,3, ou de 2,3 à 2,5, ou de 2,5 à 2,7, ou de 2,7 à 3, ou de 3 à 3,5, ou de 3,5 à 4, ou de 4 à 4,5, ou de 4,5 à 5, g de bêta-glucane/100 mL de boisson végétale.

La quantité de bêta-glucane peut être mesurée selon la méthode AOAC 995.16.

Avantageusement, la boisson végétale comprend des protéines. De préférence encore, la quantité de protéine dans la boisson végétale est d'au moins 0,2 g/100 mL de boisson végétale, de préférence encore d'au moins 0,4, plus préférentiellement d'au moins 0,5, encore plus préférentiellement est d'au moins 0,6 g/100 mL de boisson végétale. La boisson végétale peut comprendre plus particulièrement de 0,2 à 2, de préférence de 0,3 à 2, de préférence encore de 0,4 à 1,2, plus préférentiellement de 0,5 à 1, g de protéines/100 mL de boisson végétale. Par exemple, la boisson végétale selon l'invention peut comprendre de 0,2 à 0,4, ou de 0,4 à 0,5, ou de 0,5 à 0,6, ou de 0,6 à 0,7, ou de 0,7 à 0,8, ou de 0,8 à 1, ou de 1 à 1,2, ou de 1,2 à 1,5, ou de 1,5 à 1,7, ou de 1,7 à 2, g de protéines/100 mL de boisson végétale.

La quantité de protéine peut être mesurée selon la norme ISO 5983-2 (méthode Kjeldahl).

De préférence, la boisson végétale comprend des glucides. La quantité de glucides dans la boisson végétale, en g/100 mL de boisson végétale, peut être supérieure ou égale à 2, de préférence supérieure ou égale à 4, notamment supérieure ou égale à 6. De manière avantageuse, la quantité de glucides dans la boisson végétale vaut de 2 à 12, de préférence de 4 à 10, plus préférentiellement de 6 à 9, g/100 mL de boisson végétale. En particulier, la boisson végétale peut comprendre de 2 à 4, ou de 4 à 6, ou de 6 à 8, ou de 8 à 10, ou de 10 à 12, g/100 mL de boisson végétale.

La quantité totale de glucides peut être calculée soustrayant la teneur en protéines, en fibres, en lipides, en cendres et en eau du poids du produit. La teneur en protéines peut être mesurée comme indiqué ci-dessus, la teneur en lipides peut être mesurée comme indiqué ci-dessous, la teneur en cendres peut être mesurée selon la norme NF EN ISO 2171. La teneur en eau peut être obtenue par calcul de la différence entre le poids total initial et l'extrait sec mesuré selon la méthode ISO 6731 et la quantité de fibres peut être mesurée selon la méthode AOAC 2011.25.

La valeur de dextrose équivalent (DE) de la boisson végétale selon l'invention est de préférence inférieure à 20. Avantageusement, le dextrose équivalent de la boisson végétale vaut de 10 à inférieur à 20, de préférence de 12 à inférieur à 20, par exemple de 15 à inférieur à 20. La boisson végétale peut avoir un dextrose équivalent de 10 à 12, ou de 12 à 15, ou de 15 à 17, ou de 17 à inférieur à 20. Le DE est un indicateur d'hydrolyse de l'amidon. A DE = 0, l'amidon est intact. A DE = 100, l'amidon est totalement transformé en glucose. Pour mesurer le DE, on peut utiliser la méthode Lane-Eynon (ISO 5377 :1981).

La boisson végétale peut comprendre des lipides. De préférence, la boisson végétale selon l'invention comprend une quantité de lipide inférieure ou égale à 2,5, de préférence encore inférieure ou égale à 2, g/100 mL de boisson végétale. Dans des modes de réalisation, la boisson végétale comprend de 0,8 à 2,5, de préférence de 1 à 2, par exemple de 1,2 à 1,8, g de lipide/100 mL de boisson végétale. Notamment, la boisson végétale peut comprendre de 0,8 à 1, ou de 1 à 1,2, ou de 1,2 à 1,4, ou de 1,4 à 1,6, ou de 1,6 à 1,8, ou de 1,8 à 2, ou de 2 à 2,2, ou de 2,2 à 2,5, g de lipides/100 mL de boisson végétale.

La quantité de matière grasse peut être mesurée selon la méthode AOAC 922.06.

De manière avantageuse, la boisson végétale selon l'invention comprend une teneur en matière sèche de 8 à 30 % en poids, de préférence

de 8 à 20 % en poids, plus préférentiellement de 8 à 15 % en poids. Plus particulièrement, la teneur en matière sèche de la boisson végétale selon l'invention peut valoir de 8 à 10 % en poids, ou de 10 à 12 % en poids, ou de 12 à 15 % en poids, ou de 15 à 17 % en poids, ou de 17 à 20 % en poids, ou de 20 à 22 % en poids, ou de 22 à 25 % en poids, ou de 25 à 30 % en poids.

De préférence, la boisson végétale comprend une quantité de bêta-glucane supérieure ou égale à 15 % en poids, de préférence une quantité de 15 à 40 % en poids, de préférence encore de 15 à 30 % en poids, par rapport au poids total de matière sèche de la boisson végétale ; en particulier la boisson végétale peut comprendre une quantité de bêta-glucane de 15 à 18 % en poids, ou de 18 à 20 % en poids, ou de 20 à 25 % en poids, ou de 25 à 30 % en poids, ou de 30 à 35 % en poids, ou de 35 à 40 % en poids, par rapport au poids total de matière sèche de la boisson végétale.

De préférence, la boisson végétale comprend une quantité de protéines supérieure ou égale à 2 % en poids, de préférence une quantité de 2 à 4 % en poids, de préférence encore de 2,5 à 4 % en poids, par rapport au poids total de matière sèche de la boisson végétale ; en particulier la boisson végétale peut comprendre une quantité de protéines de 2 à 2,5 % en poids, ou de 2,5 à 2,7 % en poids, ou de 2,7 à 3 % en poids, ou de 3 à 3,3 % en poids, ou de 3,3 à 3,5 % en poids, ou de 3,5 à 4,0 % en poids, par rapport au poids total de matière sèche de la boisson végétale.

De préférence, la boisson végétale comprend une quantité de glucides supérieure ou égale à 15 % en poids, de préférence une quantité de 15 à 40 % en poids, de préférence encore de 15 à 35 % en poids, par rapport au poids total de matière sèche de la boisson végétale ; en particulier la boisson végétale peut comprendre une quantité de glucides de 15 à 20 % en poids, ou de 20 à 25 % en poids, ou de 25 à 30 % en poids, ou de 30 à 35 % en poids, ou de 35 à 40 % en poids, par rapport au poids total de matière sèche de la boisson végétale.

De préférence, la boisson végétale comprend une quantité de matière grasse (lipides) inférieure ou égale à 20 % en poids, de préférence une quantité de 5 à 20 % en poids, de préférence encore de 5 à 15 % en poids, par rapport au poids total de matière sèche de la boisson végétale ; en particulier la boisson végétale peut comprendre une quantité de matière grasse de 5 à 10 % en poids, ou de 10 à 12 % en poids, ou de 12 à 15 % en poids, ou de 15 à 18 % en poids, ou de 18 à 20 % en poids, par rapport au poids total de matière sèche de la boisson végétale.

Procédé de préparation

Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé de préparation une boisson végétale telle que décrite ci-dessus.

Le procédé selon l'invention comprend une étape de fourniture d'une fraction céréalière pulvérulente (c'est-à-dire, sous forme de poudre). Par « *fraction céréalière* », on entend au sens de la présente invention toute matière provenant d'une (ou plusieurs) céréales. La fraction céréalière peut provenir en totalité de céréale ou peut comprendre également des composants d'autre(s) origine(s).

La fraction céréalière pulvérulente a de préférence de particules ayant un diamètre médian en volume (D50) supérieur ou égal à 100 μm , de préférence encore de 100 à 500 μm , de préférence encore de 100 à 300 μm , plus préférentiellement de 100 à 250 μm . Le D50 des particules peut être mesurée selon la norme NF ISO 13320-1.

La fraction céréalière de l'invention comprend au moins 10 % en poids de bêta-glucane, par rapport au poids total de la fraction. De préférence, la fraction céréalière comprend une quantité de 10 à 40 % en poids, de préférence de 12 à 25 % en poids, de préférence encore de 15 à 25 % en poids, de bêta-glucane, par rapport au poids total de la fraction ; en particulier la fraction céréalière peut comprendre une quantité de bêta-glucane de 10 à 12 % en poids, ou de 12 à 13 % en poids, ou de 13 à 15 % en poids, ou de 15 à 17 % en poids, ou de 17 à 20 % en poids, ou de 20 à 22 % en poids, ou de 22 à 25 % en poids, ou de 25 à 30 % en poids, ou de 30 à 35 % en poids, ou de 35 à 40 % en poids, par rapport au poids total de la fraction.

La fraction céréalière utilisée dans l'invention comprend en outre de l'amidon.

De préférence, la fraction céréalière comprend une quantité d'amidon supérieure ou égale à 35 % en poids (par exemple de 35 à 90 % en poids), de préférence supérieure ou égale à 40 % en poids, de préférence encore une quantité de 40 à 90 % en poids, de préférence encore de 40 à 80 % en poids, plus préférentiellement de 45 à 70 % en poids (par rapport au poids total de la fraction céréalière). En particulier, la quantité d'amidon dans la fraction céréalière peut être de 40 à 50 % en poids, ou de 50 à 60 % en poids, ou de 60 à 65 % en poids, ou de 65 à 70 % en poids, ou de 70 à 75 % en poids, ou de 75 à 80 % en poids, ou de 80 à 90 % en poids, par rapport au poids total de la fraction céréalière. La quantité d'amidon peut être mesurée selon la norme ISO 15914.

De préférence, la fraction céréalière comprend une quantité de glucides supérieure ou égale à 40 % en poids, de préférence une quantité de glucides de 40 à 90 % en poids, de préférence de 40 à 85 % en poids, de préférence encore de 40 à 80 % en poids, plus préférentiellement de 42 à 75 % en poids (par rapport au poids total de la fraction céréalière). En particulier, la quantité de glucides dans la fraction céréalière peut être de 40 à 42 % en poids, ou de 42 à 45 % en poids, ou de 45 à 47 % en poids, ou de 47 à 50 % en poids, ou de 50 à 55 % en poids, ou de 55 à 60 % en poids, ou de 60 à 65 % en poids, ou de 65 à 70 % en poids, ou de 70 à 75 % en poids, ou de 75 à 80 % en poids, ou de 80 à 90 % en poids, par rapport au poids total de la fraction céréalière.

De préférence, la fraction céréalière comprend en outre des protéines, avantageusement en une quantité inférieure ou égale à 30 % en poids, de préférence une quantité de 0,5 à 30 % en poids, de préférence encore de 3 à 20 % en poids, plus préférentiellement de 5 à 17 % en poids, plus préférentiellement de 5 à 15 % en poids (par rapport au poids total de la fraction). Dans des modes de réalisation, la quantité de protéine dans la fraction céréalière peut valoir, par rapport au poids total de la fraction céréalière, de 0,5 à 3 % en poids, ou de 3 à 5 % en poids, ou de 5 à 7 % en poids, ou de 7 à 10 % en poids, ou de 10 à 12 % en poids, ou de 12 à 15 % en poids, ou de 15 à 18 % en poids, ou de 18 à 20 % en poids, ou de 20 à 30 % en poids, par rapport au poids total de la fraction céréalière.

De préférence, la fraction céréalière comprend en outre des lipides. De préférence, elle comprend une quantité de matière grasse (lipides) inférieure ou égale à 5 % en poids, de préférence une quantité de 0,5 à 5 % en poids, de préférence encore de 0,5 à 3 % en poids, de préférence encore de 1 à 3 % en poids, par rapport au poids total de la fraction ; en particulier la fraction céréalière peut comprendre une quantité de matière grasse de 0,5 à 1 % en poids, ou de 1 à 2 % en poids, ou de 2 à 3 % en poids, ou de 3 à 4 % en poids, ou de 4 à 5 % en poids, par rapport au poids total de la fraction.

Les quantités de bêta-glucane, de glucide, de protéine et de matière grasse peuvent être déterminés comme indiqué ci-dessus.

La fraction céréalière est ensuite mélangée avec de l'eau, de manière à former une suspension. De préférence, l'eau est une eau minéralisée. De manière encore plus préférée, l'eau utilisée comprend au moins 40 mg de calcium par litre d'eau.

Avantageusement, la quantité de fraction céréalière mélangée à l'eau vaut de 8 à 30 % en poids, de préférence de 8 à 20 % en poids, de préférence

encore de 8 à 15 % en poids, rapport au poids total du mélange. La quantité de fraction céréalière mélangée à l'eau peut valoir de 8 à 10 % en poids, ou de 10 à 12 % en poids, ou de 12 à 15 % en poids, ou de 15 à 17 % en poids, ou de 17 à 20 % en poids, ou de 20 à 22 % en poids, ou de 22 à 25 % en poids, ou de 25 à 30 % en poids, par rapport au poids total du mélange.

Le procédé selon l'invention comprend une étape d'hydrolyse de l'amidon de la suspension obtenue par mélange de la fraction céréalière avec l'eau.

De manière préférée, l'hydrolyse de l'amidon est effectuée par l'introduction dans la suspension d'au moins une enzyme. L'enzyme est de préférence une saccharidase, et plus particulièrement une α -amylase. De manière très préférée, l'enzyme est thermostable, en particulier à des températures de 70 à 110°C.

La quantité d'enzyme ajoutée est de préférence de 0,2 à 1 g d'enzyme par 100 g de matière sèche d'amidon, de préférence de 0,3 à 0,6 g d'enzyme par 100 g de matière sèche d'amidon. Le pH de la suspension est de préférence ajusté à un pH entre 4,5 et 7,5, plus particulièrement entre 5,0 et 6,5. Cette gamme de pH permet une efficacité optimale de l'enzyme. Les α -amylases sont des enzymes capables d'hydrolyser l'amidon en dextrines. De manière avantageuse, la suspension est chauffée à une température de 70 à 110°C, plus préférentiellement de 80 à 100°C, de préférence cette température est atteinte après ajout de l'enzyme. De préférence, la suspension est préchauffée, de préférence encore à une température de 30 à 60°C, plus préférentiellement de 40 à 55°C, préalablement à l'ajout de l'enzyme dans la suspension. De préférence, le chauffage de la suspension est effectué par contact à la vapeur et/ou par injection directe de vapeur. Avantageusement, l'hydrolyse est effectuée dans un réacteur, sous agitation. De manière préférée, le temps d'incubation de l'enzyme dans la suspension est de 3 à 15 min, plus préférentiellement de 3 à 7 min. De manière avantageuse, la suspension est ensuite refroidie, de préférence à une température de 50 à 60°C.

De préférence, le procédé selon l'invention comprend une étape de séparation solide/liquide. Cette étape permet de réduire, voire même éliminer, les matières insolubles présentes dans la suspension. La séparation solide/liquide résulte en l'obtention d'une fraction liquide, séparée d'une fraction solide. On récupère à l'issue de cette étape de séparation la fraction liquide (ou au moins une partie de la fraction liquide). Cette fraction liquide est appauvrie en matières insolubles, c'est-à-dire que la concentration massique

de matière insoluble est inférieure à celle avant réalisation de l'étape de séparation.

De manière plus préférée, la séparation solide/liquide est effectuée par centrifugation. A l'issu de cette étape, au moins une partie du surnageant est collectée (le surnageant correspondant à la fraction liquide et le culot correspondant à la fraction solide). De préférence, la centrifugation est effectuée en appliquant une accélération de 29420 m.s^{-2} (3000g) à 49033 m.s^{-2} (5000 g), par exemple de 39227 m.s^{-2} (4000 g), de préférence pendant une durée de 5 à 15 min, par exemple de 10 min.

Alternativement, ou additionnellement, la séparation solide/liquide peut être effectuée par décantation, par pressage au moyen d'un filtre presse et/ou par filtration, de préférence en utilisant une ou plusieurs membranes.

A l'issu de l'étape de séparation liquide/solide, la fraction liquide récupérée comprend de préférence une quantité de matières insolubles, telle qu'en particulier mesurée selon la norme NF EN 872, inférieure ou égale à 0,5 % en poids, de préférence encore inférieure ou égale à 0,2 % en poids, plus préférentiellement inférieure ou égale à 0,1 % en poids, par rapport au poids total de fraction liquide récupérée.

Avantageusement, une huile est ajoutée dans la fraction liquide. Cette huile peut être toute huile alimentaire. Il s'agit de préférence d'une huile naturelle, de préférence encore une huile non OGM, plus préférentiellement une huile végétale. L'huile peut en particulier être toute huile végétale alimentaire (ou tout mélange de telles huiles), telle que par exemple une huile de tournesol, une huile de colza et/ou une huile d'olive, et est plus particulièrement l'huile de tournesol. L'ajout de cette huile dans la fraction liquide permet de donner un aspect laiteux à la préparation. De préférence, l'huile est ajoutée à la fraction liquide en une quantité de 0,3 à 10 % en poids, de préférence encore de 0,5 à 5 % en poids, plus préférentiellement de 1 à 3 % en poids, par rapport au poids total du mélange (par exemple en une quantité de 0,3 à 1 % en poids, ou de 1 à 2 % en poids, ou de 2 à 3 % en poids, ou de 3 à 4 % en poids, ou de 4 à 5 % en poids, ou de 5 à 6 % en poids, ou de 6 à 8 % en poids, ou de 8 à 10 % en poids). De préférence, le mélange est mis sous agitation, par exemple pendant une durée de 1 à 15 min, en particulier de 3 à 10 min, plus particulièrement de 5 min. Ce mélange peut être effectuée à l'aide de tout dispositif approprié, par exemple d'un disperseur.

Le procédé selon l'invention comprend préférentiellement une étape d'homogénéisation. Cette étape permet de donner à la boisson végétale l'aspect d'une boisson lactée. Cette étape peut être effectuée à l'aide de tout

dispositif adapté connu de l'homme du métier, par exemple d'un homogénéisateur, tel qu'un homogénéisateur haute-pression.

Le procédé selon l'invention comprend avantageusement une étape de pasteurisation ou de traitement thermique de la boisson obtenue. De préférence, la pasteurisation est effectuée par chauffage à une température de 100 à 160°C, de préférence de 120 à 150°C, par exemple pendant une durée de 1 à 5 s. Un préchauffage, en particulier à une température de 70 à 120°C, de préférence de 90 à 110°C, peut être réalisé. La boisson est ensuite avantageusement refroidie, de préférence jusqu'à la température ambiante (entre 15 et 30°C, de préférence entre 17 et 23°C).

La fraction céréalière pulvérulente utilisée pour produire la boisson végétale peut être préparée selon le procédé de séparation décrit ci-après.

Procédé de séparation

Ce procédé est un procédé de séparation d'une matière céréalière, en particulier pour obtenir une fraction enrichie en lipides, une fraction enrichie en bêta-glucanes, qui peut être utilisée en tant que fraction céréalière pulvérulente comme décrite ci-dessus, et une fraction enrichie en amidon et, avantageusement, en protéines. Dans le contexte de la présente invention, on entend par « *matière céréalière* » toute matière à base de, ou issue de, au moins une céréale, sous toute forme possible (par exemple, entière, broyée, pulvérulente, aplatie, etc.). Plus particulièrement, il peut s'agir de la céréale elle-même (brute), toute partie de celle-ci, ou toute matière obtenue après traitement, transformation ou utilisation de la céréale.

Ce procédé de séparation fait intervenir une étape de déshuilage de la matière céréalière par extraction à l'aide avec une solution d'alcool comprenant au moins 50 % en volume d'alcool suivi d'un fractionnement par voie sèche de la matière céréalière. Par « *voie sèche* », on entend toute opération, telle que les opérations de broyage ou séparation aéraulique, qui s'effectue sans utilisation d'eau.

Dans le cadre de la présente invention, la matière céréalière de départ peut être, ou provenir de, toute céréale appropriée. La céréale d'origine est en particulier telle que décrite ci-dessus. De manière particulièrement préférée, cette céréale est choisie dans le groupe constitué de l'avoine, de l'orge et des mélanges de ceux-ci, de préférence encore la céréale est l'avoine.

Dans la présente invention, on peut utiliser toute matière céréalière adaptée, comprenant des bêta-glucanes, de l'amidon, des lipides, et de préférence des protéines.

Ainsi, de manière avantageuse, la matière céréalière de départ utilisée dans l'invention peut être un grain de céréale (en particulier un grain d'avoine et/ou orge). Le grain d'avoine dépelliculé (c'est-à-dire, le grain dont on a retiré les glumelles) est appelé gruau. Le grain d'orge dépelliculé est appelé orge mondé. Dans le présent texte, par les termes « *grain d'avoine* » et « *grain d'orge* », on entend à la fois le grain total et toute partie du grain (par exemple, le gruau d'avoine ou l'orge mondé), sauf indication contraire. Les grains d'avoine et d'orge présentent l'avantage d'être riches en bêta-glucane (ils peuvent en comprendre de 3 à 7 % en poids pour l'avoine et de 3 à 11 % en poids pour l'orge). De préférence, on utilise comme matière première de départ un grain de céréale, en particulier un grain d'avoine et/ou d'orge, comprenant une pellicule et un gruau.

Alternativement ou additionnellement, on peut, de manière avantageuse, utiliser comme matière céréalière de départ tout produit issu de l'utilisation ou transformation d'une céréale (en particulier l'avoine ou l'orge), notamment dans les procédés de fermentation et de distillation, pour la production de céréale germée (en particulier le malt), pour la production de boisson végétale ou pour la production de farines. Plus particulièrement, des produits utilisables dans le procédé selon l'invention sont :

- les coproduits de malterie et de la fabrication d'extraits de malt : lors du procédé de germination de l'orge, il y a formation de radicules (petites racines). Après séchage, les grains sont traités pour éliminer les radicules ainsi que l'enveloppe du grain. Ces 2 produits sont riches en protéines et bêta-glucanes.
- Les coproduits de brasserie et/ou de la distillation de céréale : après l'étape de fermentation, le « moût » est filtré afin de retirer l'ensemble des résidus solides provenant du grain de céréale. Ce substrat est riche en protéines et bêta-glucanes.
- Les coproduits de laiterie végétale : lors de la production de la boisson végétale, une opération de filtration ou décantation est effectuée afin d'éliminer les résidus solides provenant du grain de céréale. Ces résidus sont appelés okara. Ces résidus contiennent un taux élevé de protéines et de bêta-glucanes.
- Les produits de meunerie.

Lorsque la matière céréalière est un grain de céréale, et plus particulièrement un grain d'avoine et/ou orge, le procédé selon l'invention comprend de manière avantageuse une étape de retrait de la pellicule (ou dépelliculage) des grains de céréales (en particulier d'avoine et/ou d'orge). En effet, la pellicule est composée majoritairement de fibres non solubles peu comestibles. De plus, la majorité des contaminants de la graine d'avoine ou d'orge se trouvent dans la pellicule, son retrait permet ainsi de réduire les risques de contamination des fractions préparées.

De préférence le dépelliculage est un dépelliculage mécanique, effectué par exemple par abrasion, compression, impact, cisaillement ou tout autre action mécanique appropriée. Plus préférentiellement, le dépelliculage est effectué par abrasion.

Le dépelliculage peut être réalisé à l'aide de tout dispositif adapté, notamment utilisant une des forces mécaniques mentionnées ci-dessus, en particulier l'abrasion. Avantageusement, le dépelliculage est effectué au moyen d'un ébarbeur. Les ébarbeurs fonctionnent selon le principe d'une machine de polissage par friction. Ils peuvent être utilisés pour enlever les barbes, délier les grains doubles et pour traiter la surface des grains de céréale. Selon un exemple de procédé de dépelliculage au moyen d'un ébarbeur, une vis d'alimentation transporte les céréales dans la chambre de travail où un rotor dans un manchon perforé soumet le produit traité à des efforts mécaniques par friction. L'intensité de la friction peut être réglée, par exemple par un contrepoids réglable, ou par des ressorts réglables à la sortie de la machine. Les éléments détachés qui sont séparés du produit traité (le grain), tels que les barbes ou les impuretés adhérant à la surface, peuvent sortir de la machine à travers une sortie séparée aspirée.

L'utilisation d'un ébarbeur pour effectuer le dépelliculage est avantageuse puisque l'ébarbeur nettoie la surface du grain en même temps qu'il détache la pellicule du grain par la contrainte mécanique. De plus, cette étape de traitement permet d'améliorer les propriétés d'écoulement des grains.

La matière céréalière peut être soumise à une étape de broyage et/ou d'aplatissement et une fraction broyée et/ou aplatie est alors collectée. Cette étape est en particulier réalisée lorsque la matière céréalière de départ est un grain de céréale. Lorsque le procédé comprend une étape de dépelliculage telle que décrite ci-dessus, l'étape de broyage et/ou d'aplatissement est de manière préférée effectuée après le dépelliculage (la matière céréalière soumise à cette étape de broyage et/ou aplatissement étant alors un grain dépelliculé). Cette étape de broyage et/ou aplatissement peut être omise,

notamment lorsque la matière céréalière de départ est sous forme pulvérulente ou aplatie, par exemple dans des modes de réalisation dans lesquels la matière céréalière de départ est un produit issu de l'utilisation d'une céréale.

Le broyage peut être effectué au moyen de tous types de broyeur, notamment par tout broyeur mécanique à compression, impact, cisaillement ou utilisant toute autre action mécanique appropriée. De préférence, les particules obtenues après broyage ont un diamètre médian en volume (D50) supérieur ou égal à 500 μm (le D50 pouvant être mesuré selon la norme NF ISO 13320-1). Cette étape de broyage peut être réalisée quelle que soit la matière céréalière (notamment, grain de céréale et/ou produit issu de l'utilisation d'une céréale).

L'aplatissement peut être effectué à l'aide d'un aplatisseur à céréale, de préférence utilisant la force mécanique de compression. Cette étape d'aplatissement est de préférence réalisée lorsque la matière céréalière utilisée est un grain de céréale.

La matière céréalière (dans des modes de réalisation, la fraction broyée et/ou aplatie obtenue après broyage et/ou aplatissement) est soumise à une extraction solide/liquide réalisée à l'aide d'une solution d'alcool. La solution d'alcool selon l'invention comprend au moins 50 % en volume d'alcool. La solution d'alcool peut être l'alcool lui-même (elle comprend alors 100 % en volume d'alcool). Cependant, il s'agit de préférence d'un mélange comprenant au moins un alcool et au moins un solvant. Le solvant est de préférence choisi dans le groupe constitué de l'eau, du 2-méthylloxolane et des mélanges de ceux-ci. De préférence encore, la solution d'alcool est une solution aqueuse d'alcool, c'est-à-dire une solution comprenant de l'eau et de l'alcool. De manière encore plus préférée, la solution aqueuse d'éthanol consiste en de l'eau et de l'alcool.

La solution d'alcool comprend de préférence de 50 à 90 % en volume, de préférence encore de 60 à 90 % en volume, plus préférentiellement de 70 à 90 % en volume, encore plus préférentiellement de 80 à 90 % en volume, d'alcool (par rapport au volume total de la solution d'alcool utilisée pour effectuer l'extraction). Dans des modes de réalisation, la solution d'alcool comprend de 50 à 60 %, ou de 60 à 70 %, ou de 70 à 80 %, ou de 80 à 90 %, en volume, d'alcool.

L'alcool est de préférence choisi dans le groupe constitué de l'éthanol, du méthanol, du pentanol, de l'alcool isoamylique et des mélanges de ceux-ci. De manière particulièrement préférée, l'alcool est l'éthanol. En d'autres

termes, la solution d'alcool utilisée selon l'invention est de préférence une solution d'éthanol.

L'extraction est avantageusement effectuée par mise en contact de la matière céréalière (par exemple la fraction broyée et/ou aplatie) avec la solution d'alcool (de préférence d'éthanol) dans un réacteur, de préférence sous agitation. De préférence, la matière céréalière (par exemple la fraction broyée et/ou aplatie) est mise en contact avec la solution d'alcool (de préférence d'éthanol) dans un ratio massique de 1:3 à 1:8, de préférence encore dans un ratio massique de 1:4 à 1:7. La mise en contact a avantageusement lieu pendant une durée de 15 à 120 min, de préférence de 20 à 60 min. De préférence, les particules de matière céréalière sont ensuite séparées de la solution d'alcool par filtration, par exemple sur une toile de maillage 10 µm.

De manière particulièrement avantageuse, lorsque la solution d'alcool est une solution d'éthanol, l'éthanol utilisé dans la solution d'éthanol est produit par fermentation à partir d'un substrat tel que décrit dans la demande de brevet FR 2211884 déposée le 11 novembre 2022 et intitulée « *Procédé de préparation d'un substrat pour la fermentation* ». En particulier, le substrat de fermentation peut être préparé par un procédé comprenant les étapes suivantes : la fourniture d'au moins une graine de légumineuse comprenant de l'amidon et des protéines ; la micronisation de ladite au moins une graine, de manière à obtenir une fraction micronisée ; la purification de la fraction micronisée (de préférence par séparation aéraulique), de manière à collecter une fraction enrichie en amidon et appauvrie en protéine ; le mélange de la fraction enrichie en amidon et appauvrie en protéine avec un liquide, de manière à former un fluide d'amidon ; l'hydrolyse de l'amidon par mélange de vapeur d'eau avec le fluide d'amidon (de préférence effectuée à l'aide d'un dispositif d'injection directe de vapeur en mode continu), de manière à obtenir un fluide d'amidon hydrolysé ; et de préférence l'introduction dans le fluide d'amidon hydrolysé d'une ou plusieurs enzymes glucosidases et/ou saccharidases. L'utilisation d'un tel procédé pour préparer le substrat de fermentation pour la production de l'éthanol a pour avantage d'avoir un taux d'émission de gaz à effet de serre relativement faible, pouvant être inférieur à 400 kg de CO_{2eq}/t d'éthanol

De préférence, l'alcool (de préférence l'éthanol) utilisé pour préparer la solution d'alcool est un alcool recyclé, c'est-à-dire qu'il a déjà été précédemment utilisé dans un procédé de traitement, de préférence dans un

procédé d'extraction, de préférence encore dans une étape d'extraction d'un procédé selon l'invention.

L'étape d'extraction selon l'invention permet d'extraire au moins une partie des lipides de la matière céréalière dans la solution d'alcool (de préférence d'éthanol). Ainsi, à l'issue de l'étape d'extraction, et de préférence de l'étape de filtration, on obtient une fraction liquide enrichie en lipides et une fraction solide appauvrie en lipides (appelée également tourteau).

Le tourteau est avantageusement soumis à une étape de séchage. Préférentiellement, il est séché dans une étuve sous vide, de préférence à une température de 30 à 50°C. De préférence, le tourteau est séché pendant une durée de 2 à 10 heures.

L'étape d'extraction peut être répétée une ou plusieurs fois sur le tourteau, de préférence après le séchage du tourteau. En d'autres termes, le procédé selon l'invention peut comprendre une, deux ou plus étapes d'extraction à l'aide d'une solution d'alcool (de préférence d'éthanol).

La fraction liquide enrichie en lipides (comprenant le mélange alcool – matières grasses) est de préférence soumise à une étape de purification afin de séparer l'alcool (de préférence l'éthanol) de la fraction enrichie en lipides. De préférence encore, l'alcool (de préférence l'éthanol) est séparé par distillation. En particulier, la fraction liquide enrichie en lipides peut être distillée à une température de 30 à 70°C, de préférence dans une colonne à plateaux mise sous vide. L'huile est récupérée en bas de colonne (formant une fraction enrichie en lipides purifiée) tandis que l'alcool (de préférence l'éthanol) est collecté en haut de colonne.

De manière particulièrement avantageuse, l'alcool (de préférence l'éthanol) récupéré après séparation de la fraction liquide enrichie en lipides est recyclé, et est plus particulièrement réutilisé pour un nouveau cycle d'extraction du procédé selon l'invention.

Le procédé de séparation selon l'invention comprend une étape de broyage de la fraction solide appauvrie en lipides (tourteau), de préférence séchée, puis une étape de séparation des particules obtenues en fonction de leur taille. Ces étapes ont pour but de séparer la fraction bêta-glucane des fractions amidon et protéines. Pour le broyage, on peut utiliser tout type de broyeur adapté, notamment tout broyeur utilisant une force mécanique d'abrasion, de compression, d'impact, de cisaillement ou tout autre action mécanique. En particulier, un broyeur pendulaire utilisant la force de compression peut être utilisé. A l'issue du broyage, on obtient un mélange de fragments de l'enveloppe (fibres essentiellement) (appelés également son

dans le présent texte) et de poudre d'amande (appelé également farine dans le présent texte).

L'étape de séparation des particules obtenues à l'issu du broyage est de préférence effectuée par tamisage. En particulier, les particules peuvent être séparées par passage sur un tamis de maillage adapté permettant de séparer les sons de la farine. Par exemple, les particules d'une taille inférieure à une taille comprise entre 200 et 600 µm peuvent être séparées des sons d'une taille supérieure ou égale à une telle taille. Les sons séparés lors de cette étape correspondent à une fraction enrichie en bêta-glucanes ; la farine obtenue après séparation correspond à une fraction appauvrie en bêta-glucanes.

La fraction enrichie en bêta-glucanes peut alors servir en tant que fraction céréalière pulvérulente dans le procédé de préparation d'une boisson végétale décrit ci-dessus. De manière préférée, la fraction enrichie en bêta-glucanes est la fraction céréalière pulvérulente, c'est-à-dire qu'elle ne subit aucun traitement supplémentaire avant son utilisation dans le procédé de préparation de la boisson végétale.

De préférence, la fraction enrichie en bêta-glucanes obtenue comprend des quantités de bêta-glucane, de glucides, de protéine et/ou de matière grasse (en pourcentage par rapport au poids total de matière sèche de la fraction enrichie en bêta-glucanes) telles qu'indiquées ci-dessus pour la fraction céréalière pulvérulente.

La fraction appauvrie en bêta-glucanes (farine) correspond à une fraction enrichie en amidon et de préférence en protéines.

Un exemple de procédé de séparation d'une matière céréalière est représenté en **figure 1**. Dans cet exemple, une matière céréalière 1, en particulier d'avoine et/ou d'orge, subit de préférence un premier broyage 2 et une fraction broyée 3 est obtenue. Cette fraction broyée 3 est soumise à un traitement par extraction 4 à l'aide d'une solution d'alcool, de préférence une solution d'éthanol. A l'issu de cette extraction 4, on collecte une fraction liquide 5 enrichie en lipides comprenant un mélange alcool/lipides et une fraction solide 6 appauvrie en lipides. La fraction solide appauvrie en lipides 6 est ensuite soumise à une deuxième étape de broyage 7. La fraction 8 récupérée correspond à un mélange de farine (amande broyée) et de son. Une étape de séparation 9 des particules de la fraction 8, en fonction de leur taille, en particulier par tamisage, est alors réalisée afin de séparer la farine du son. Deux fractions sont collectées : la fraction de plus grosses particules correspond au son et à une fraction enrichie en bêta-glucanes 10 et la fraction

de plus fines particules correspond à la farine et à une fraction appauvrie en bêta-glucanes 11.

Exemples

Les exemples suivants illustrent l'invention sans la limiter.

Dans les exemples, les méthodes d'analyse et de mesure suivantes ont été utilisées :

- Mesure de la quantité de protéines : méthode Kjeldahl à l'aide d'un titrateur FOSS selon la norme ISO 5983-2 ;
- Mesure de la quantité de lipides : méthode AOAC 922.06 ;
- Mesure de la quantité d'amidon : méthode selon la norme ISO 15914 ;
- Quantité de glucides : déterminée par calcul de la différence entre le poids total du produit et la somme des poids des protéines, des matières grasses, des fibres totales, de l'eau et des cendres ;
- Mesure de la quantité de cendres : méthode selon la norme NF EN ISO 2171 ;
- Mesure de la quantité de bêta-glucane : méthode AOAC 995.16 ;
- Mesure du dextrose équivalent : méthode Lane-Eynon ;
- Teneur en eau : obtenue par la différence entre le poids total initial de l'échantillon et l'extrait sec mesuré selon la méthode ISO 6731 ;
- Mesure de la quantité de fibres totales : selon la méthode AOAC 2011.25

Exemple 1 : Production d'une fraction enrichie en bêta-glucane

25 kg de gruau d'avoine grossièrement broyé ont été introduits dans un réacteur de type réacteur Nutsche d'une capacité de 250 litres.

Le réacteur est équipé d'un filtre 10 µm en bas de cuve.

La composition du gruau d'avoine introduit dans le réacteur est indiquée dans le tableau ci-dessous (en pourcentage massique).

[Table 1]

Humidité	12,0 %
Protéines	11,1 %
Matières grasses	5,8 %
Glucides	58,9 %
Fibres	10,8 %
Cendres	1,4 %

134 kg (170 litres) d'éthanol déshydraté ont été mélangés à 30 kg d'eau afin d'obtenir une solution aqueuse d'éthanol avec une concentration d'éthanol de 85 % v/v. La solution d'éthanol a été préparée à température ambiante.

La solution d'éthanol a été introduite dans le réacteur, le ratio massique solution d'éthanol:grauu étant de 6,6:1. Le mélange grau/solution d'éthanol a été maintenu sous agitation pendant 45 minutes à température ambiante.

Après ce temps d'extraction, le liquide a été vidangé en passant par le filtre 10 µm, sous pression constante de 0,2 MPa. Le tourteau a ensuite été séché dans une étuve sous vide à une température de 45°C jusqu'à disparition de toute trace d'éthanol.

La solution d'éthanol contenant les matières grasses a été distillée dans une colonne à plateau configurée pour obtenir en haut de colonne un éthanol à 96 % v/v. Cet alcool pourra ainsi être recyclé dans une nouvelle extraction.

L'huile d'avoine a été récupérée en bas de colonne.

Une deuxième extraction a été effectuée sur le tourteau séché dans les mêmes conditions que la première (c'est-à-dire, 45 minutes de temps de contact sous agitation avec 200 litres d'éthanol à 85 % v/v dans l'eau).

Le rendement d'extraction en matières grasses est de 91 % (en poids). Une quantité faible de farine est présente dans l'huile obtenue, cette farine provenant du passage de particules inférieures à 10 µm à travers le filtre du réacteur d'extraction.

Le bilan lipidique des opérations d'extraction est indiqué dans le tableau ci-dessous :

[Table 2]

	Quantité (kg)	Matières grasses (% en poids)	Quantité matières grasses (kg)	Rendement en huile de l'extraction (%)
Gruau	25	5,8	1,45	
Huile collectée après la première extraction			1,13	77,9
Huile collectée après la seconde extraction			0,19	91,0
Farine déshuillée obtenue après la	23,87	1,3	0,31	

première extraction				
Farine déshuilée obtenue après la seconde extraction	23,68	0,5	0,12	

La farine déshuilée a ensuite été broyée selon le procédé suivant. Le son (enveloppe externe fibreuse de l'avoine) est séparé au moyen d'un moulin Buhler MLU 202 en configuration blé tendre et tamis de 250 µm. La fraction son obtenue à l'issue de cette séparation est une fraction enrichie en bêta-glucanes, la fraction farine blanche restant après séparation du son correspond à une fraction appauvrie en bêta-glucanes.

Le bilan massique de l'opération de séparation est résumé dans le tableau ci-dessous :

[Table 3]

	Bilan massique (% en poids)
Fraction son	24,7
Fraction farine blanche	73,8
Pertes	1,5

Les pertes sont dues à une baisse d'humidité et à quelques traces de poudres restées sur les parois des gaines d'acheminement de la poudre.

Le bilan du taux de fibre donné dans le tableau ci-dessous (en pourcentage massique par rapport au poids total de matière sèche (MS)) indique un quasi triplement du taux de bêta-glucane dans la fraction enrichie en bêta-glucanes (son) par rapport à la farine obtenue après l'extraction, pour un rendement massique de la fraction son de 24,7 %.

[Table 4]

	Taux de fibres total (TDF) (%/MS)	Taux de bêta-glucane (%/MS)
Farine d'avoine déshuilée	10,6	5,1
Fraction son	26,3	14,9
Fraction farine blanche	5,3	2,2

La fraction enrichie en bêta-glucanes (fraction son) a la composition suivante (en pourcentage massique) :

[Table 5]

	Quantité massique par rapport au poids total de la fraction	Quantité massique par rapport au poids total de matière sèche de la fraction
Humidité	9,8 %	-
Protéines	14,9 %	16,5 %/MS
Matières grasses	2,7 %	3,0 %/MS
Glucides	46,2 %	51,2 %/MS
Fibres	23,7 %, dont 13,4 % de bêta-glucane	26,3 %/MS, dont 14,9 %/MS de bêta-glucane
Cendres	2,7 %	3,0 %/MS

Exemple 2 : Production d'une boisson végétale riche en bêta-glucane

1,5 kg de fraction d'avoine enrichie en bêta-glucane telle que préparée dans l'exemple 1 ci-dessus ont été mélangés avec 13,5 litres d'eau minéralisée pour être introduits dans un réacteur de la société OMVE d'une capacité de 20 litres.

Une hydrolyse de l'amidon a été effectuée par hydrolyse enzymatique. Les paramètres du mélange fraction/eau et les paramètres d'hydrolyse enzymatique sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

[Table 6]

Dilution	10 % poids/poids
Eau	Minéralisée, comprenant au minimum 40 mg/L de Ca ²⁺
pH	6,0
Quantité amidon	0,5 kg
Enzyme	Termamyl® classic, en une quantité de 0,4 % en poids par rapport au poids d'amidon
Configuration du réacteur OMVE	Echangeur tubulaire
Débit	50 L/h
Température de préchauffage	50°C
Température caloporteur	100°C
Température d'hydrolyse	85 – 90°C
Temps incubation	5 minutes
Température double enveloppe	95°C
Température de refroidissement	60°C

15 kg du mélange hydrolysé a été introduit dans une centrifugeuse JOUAN selon les paramètres suivant :

[Table 7]

Force	39227 m.s ⁻² (4000 g)
Température	20°C
Temps	10 minutes
Volume des matières insolubles contenues dans le culot de centrifugation	Inférieur à 0,1 %

10 kg de surnageant obtenu après centrifugation ont été récupérés, et 1,5 % en poids (par rapport au poids du surnageant) d'huile de tournesol a été ajoutée à ce surnageant. Le mélange a ensuite été mis sous agitation pendant 5 minutes au moyen d'un agitateur de type Ultraturax. Le mélange agité a été ensuite homogénéisé au moyen d'un homogénéisateur PANDA Plus 2000 afin d'obtenir une boisson ayant une apparence d'une boisson lactée. Les paramètres de l'homogénéiseur PANDA Plus 2000 sont les suivants :

[Table 8]

Pression 1 ^{er} étage	50 MPa
Pression 2 ^{ème} étage	3 à 5 MPa
Nombre de passe	1

La boisson végétale ainsi obtenue a ensuite été traitée thermiquement au moyen d'un pasteuriseur OMVE, puis refroidie en 2 étapes, selon les paramètres indiqués ci-dessous :

[Table 9]

Configuration	Echangeur tubulaire
Débit	20 L/h
Température préchauffage	100°C
Température chauffage	142°C
Température produit	140°C
Temps de contact à 140°C	2 secondes
Température pré-refroidissement	50°C
Température refroidissement	20°C

La composition nutritionnelle de la boisson végétale obtenue est donnée dans le tableau ci-dessous (en g/100 ml de boisson végétale) :

[Table 10]

Protéines	0,7
Glucides	7,7

Matières grasses	1,7
Bêta-glucane	1,6
Cendres	0,3

En buvant 1 verre de 200 mL de boisson végétale telle que préparée ci-dessus chaque jour, le consommateur aura pris une dose quotidienne de 3,2 g de bêta-glucane. Ce seuil correspond à la dose minimum pour bénéficier des bienfaits médicaux de ce composant.

Exemple 3 : Production d'une boisson végétale riche en bêta-glucane et contenant des maltodextrines

1,5 kg de fraction d'avoine enrichie en bêta-glucane telle que préparée dans l'exemple 1 ci-dessus ont été mélangés avec 13,5 litres d'eau minéralisée pour être introduits dans un réacteur de la société OMVE d'une capacité de 20 litres.

Une hydrolyse de l'amidon a été effectuée par hydrolyse enzymatique. Les paramètres du mélange fraction/eau et les paramètres d'hydrolyse enzymatique sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

[Table 11]

Dilution	10 % poids/poids
Eau	Minéralisée, comprenant au minimum 40 mg/L de Ca ²⁺
pH	6,0
Quantité amidon	0,5 kg
Enzyme	BAN® 480 L, en une quantité de 0,4 % en poids par rapport au poids d'amidon
Configuration réacteur OMVE	Echangeur tubulaire
Débit	50 L/h
Température de préchauffage	50°C
Température caloporteur	100°C
Température d'hydrolyse	85 – 90°C
Temps incubation	5 minutes
Température double enveloppe	95°C
Température de refroidissement	60°C

15 kg du mélange hydrolysé a été introduit dans une centrifugeuse JOUAN selon les paramètres suivant :

[Table 12]

Force	39227 m.s ⁻² (4000 g)
Température	20°C
Temps	10 minutes
Volume des matières insolubles contenues dans le culot de centrifugation	Inférieur à 0,1 %

10 kg de surnageant obtenu après centrifugation ont été récupérés, et 1,5 % en poids (par rapport au poids du surnageant) d'huile de tournesol a été ajoutée à ce surnageant. Le mélange a ensuite été mis sous agitation pendant 5 minutes au moyen d'un agitateur de type Ultraturax. Le mélange agité a été ensuite homogénéisé au moyen d'un homogénéisateur PANDA Plus 2000 afin d'obtenir une boisson ayant une apparence d'une boisson lactée. Les paramètres de l'homogénéisateur PANDA Plus 2000 sont les suivant :

[Table 13]

Pression 1 ^{er} étage	50 MPa
Pression 2 ^{ème} étage	3 à 5 MPa
Nombre de passe	1

La boisson végétale est ensuite traitée thermiquement au moyen d'un pasteuriseur OMVE selon les paramètres indiquées ci-dessous:

[Table 14]

Configuration	Echangeur tubulaire
Débit	20 L/h
Temps de chambrage	2 secondes
Température préchauffage	100°C
Température chauffage	142°C
Température produit	140°C
Température pré-refroidissement	50°C
Température refroidissement	20°C

La composition nutritionnelle de la boisson végétale obtenue est donnée dans le tableau ci-dessous (en g/100 ml de boisson végétale) :

[Table 15]

Protéines	0,6
Glucides	7,5
Matières grasses	1,8

Bêta-glucane	1,6
Cendres	0,3
Dextrose équivalent	19,6

L'utilisation de l'enzyme BAN® 480 L pour réaliser l'hydrolyse de l'amidon permet une hydrolyse modérée de l'amidon sans (ou quasi sans) production de sucres simples. Les maltodextrines ainsi créées lors de l'étape d'hydrolyse de l'amidon apportent des sucres lents permettant d'obtenir un index glycémique modéré. La mesure de dextrose équivalent est un bon indicateur d'hydrolyse de l'amidon. Lorsque le dextrose équivalent est inférieur ou égal à 20 sans présence de sucres (simples), les résidus hydrolysés sont des maltodextrines.

En buvant 1 verre de 200 mL de boisson végétale telle que préparée ci-dessus chaque jour, le consommateur aura pris une dose quotidienne de 3,2 g de bêta-glucane. Ce seuil correspond à la dose minimum pour bénéficier des bienfaits médicaux de ce composant.

Revendications

1. Boisson végétale de céréale comprenant une quantité de bêta-glucane d'au moins 1,2 g/100 mL de boisson végétale.
2. Boisson végétale selon la revendication 1, étant une boisson végétale d'avoine ou d'orge, de préférence une boisson végétale d'avoine.
3. Boisson végétale selon la revendication 1 ou 2, comprenant une quantité de bêta-glucane d'au moins 1,5 g/100 mL de boisson végétale, de préférence de 1,5 à 5 g/100 mL de boisson végétale.
4. Boisson végétale selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant une quantité de protéine d'au moins 0,2 g/100 mL de boisson végétale, de préférence de 0,4 à 1,2 g/100 mL de boisson végétale, plus préférentiellement de 0,5 à 1 g/100 mL de boisson végétale.
5. Boisson végétale selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant une quantité de glucides d'au moins 2 g/100 mL de boisson végétale, de préférence de 4 à 10 g/100 mL de boisson végétale, de préférence encore de 6 à 9 g/100 mL de boisson végétale.
6. Boisson végétale selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant une quantité de lipide inférieure ou égale à 2,5 g/100 mL de boisson végétale, de préférence inférieure ou égale à 2 g/100 mL de boisson végétale, plus préférentiellement de 1 à 2 g/100 mL de boisson végétale.
7. Boisson végétale selon l'une des revendications 1 à 6, ayant un dextrose équivalent inférieur à 20.
8. Boisson végétale selon l'une des revendications 1 à 7, comprenant une teneur en matière sèche de 8 à 30 % en poids,

de préférence de 8 à 15 % en poids, par rapport au poids total de la boisson végétale.

9. Procédé de préparation d'une boisson végétale selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant les étapes suivantes :
 - la fourniture d'une fraction céréalière pulvérulente comprenant de l'amidon et comprenant une quantité de bêta-glucane supérieure ou égale à 10 % en poids, par rapport au poids total de la fraction ;
 - le mélange de ladite fraction avec de l'eau, de manière à obtenir une suspension ; et
 - l'hydrolyse de l'amidon dans la suspension.
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel l'hydrolyse de l'amidon est effectuée par introduction dans la suspension d'au moins une enzyme choisie dans le groupe constitué des saccharidases, de préférence une α -amylase.
11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, comprenant en outre après l'étape d'hydrolyse de l'amidon, une étape de séparation solide/liquide, de préférence par centrifugation, décantation, pressage à l'aide d'un filtre presse et/ou filtration.
12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, comprenant en outre une étape de préparation de la fraction céréalière pulvérulente fournie, ladite préparation comprenant les étapes suivantes :
 - la fourniture d'au moins une matière céréalière (1) comprenant de l'amidon, des protéines, des lipides et des bêta-glucanes, de préférence une matière céréalière d'avoine et/ou d'orge ;
 - le traitement de la matière céréalière par extraction solide/liquide (4) avec une solution d'alcool comprenant au moins 50 % en volume d'alcool, de manière à obtenir une fraction solide appauvrie en lipides (6) et une fraction liquide enrichie en lipides (5) ;
 - le broyage (7) de la fraction solide appauvrie en lipides (6) ;

- la séparation (9) des particules de la fraction appauvrie en lipides broyée (8) selon leur taille, de manière à obtenir une fraction enrichie en bêta-glucanes (10) et une fraction appauvrie en bêta-glucanes (11) ; et
 - la récupération de la fraction enrichie en bêta-glucanes (10) en tant que fraction céréalière pulvérulente.
- 13.** Procédé selon la revendication 12, dans lequel la matière céréalière (1) est au moins un grain de céréale et/ou au moins un produit issu des industries de malterie, de fabrication d'extraits de malt, de brasserie, de distillation de céréale, de laiterie végétale et/ou de meunerie.