

Description

Titre : PROCEDE DE TRAITEMENT THERMIQUE FLASH DE L'AMIDON DE POIS

[0001] La présente invention est relative à un procédé hydrothermique
5 d'augmentation de la teneur en fraction lentement digestible de l'amidon de pois.
Plus particulièrement, ce procédé hydrothermique est un procédé continu et rapide
de traitement thermique de l'amidon de pois (dit traitement thermique « Flash »).

[0002] Elle est également relative aux amidons de pois ainsi obtenus et à leurs
utilisations.

10 Contexte de l'invention

[0003] D'un point de vue physiologique, chez l'homme ou les animaux, l'essentiel
des glucides ingérés lors de l'alimentation est représenté par l'amidon, molécule de
réserve énergétique caractéristique des végétaux et composante principale des
féculents (pâtes, farine, pommes de terre).

15 [0004] Lors de la digestion, les molécules d'amidon se dissocient en chaînes de
glucanes plus petites, elles-mêmes dissociées en glucoses simples et assimilables
par le système digestif.

[0005] La digestion de l'amidon débute dans la bouche pendant la mastication
grâce à une enzyme de la salive : l'amylase salivaire.

20 [0006] Cette première décomposition de l'amidon est stoppée par l'acidité de
l'estomac mais reprend dans le duodénum (première partie de l'intestin grêle) grâce
à l'action des enzymes pancréatique et intestinale.

[0007] L'action successive de toutes ces amylases conduit à l'apparition d'un
disaccharide, le maltose, qui sera lui-même transformé en deux monosaccharides,
25 des glucoses.

[0008] Synthétisé par voie biochimique, source d'hydrates de carbone, l'amidon est
l'une des matières organiques les plus répandues du monde végétal, où il constitue
la réserve nutritionnelle des organismes.

[0009] Il est ainsi naturellement présent dans les organes et tissus de réserve des végétaux supérieurs, en particulier dans les graines de céréales (blé, maïs...), les graines de légumineuses (pois, fèves ...), les tubercules (pomme de terre, igname...), les racines (manioc, patate douce ...), les bulbes, les tiges et les fruits.

5 **[0010]** L'amidon est principalement un mélange de deux homopolymères, l'amylose et l'amylopectine, composés d'unités de D-glucose, liées entre elles par des liaisons α (1-4) et des liaisons α (1-6) qui sont à l'origine de ramifications dans la structure de la molécule.

[0011] Ces deux homopolymères diffèrent par leur degré de branchement et leur
10 degré de polymérisation.

[0012] L'amylose est légèrement ramifiée avec de courtes branches et présente une masse moléculaire comprise entre 10.000 et 1.000.000 Dalton. La molécule est formée de 100 à 10.000 molécules de glucose.

[0013] L'amylopectine est une molécule ramifiée avec de branches toutes les 24 à
15 30 unités de glucose, par l'intermédiaire de liaisons α (1-6). Sa masse moléculaire va de 1.000.000 à 100.000.000 Dalton et son niveau de branchement est de l'ordre de 5 %. La chaîne totale peut compter 10.000 à 100.000 unités glucose.

[0014] Le ratio entre l'amylose et l'amylopectine dépend de la source botanique de l'amidon.

20 **[0015]** L'amidon est stocké dans les organes et tissus de réserve dans un état granulaire, c'est-à-dire sous la forme de granules semi-cristallins.

[0016] Cet état semi-cristallin est essentiellement dû aux macromolécules d'amylopectine.

[0017] A l'état natif, les granules d'amidon présentent un taux de cristallinité allant
25 de 15 à 45 % en poids qui dépend essentiellement de l'origine botanique et du procédé mis en œuvre pour leur extraction.

[0018] L'amidon granulaire, placé sous lumière polarisée, présente alors en microscopie une croix noire caractéristique, dite « croix de Malte ».

[0019] Ce phénomène de biréfringence positive est dû à l'organisation semi-cristalline des granules : l'orientation moyenne des chaînes de polymères étant radiale.

[0020] Pour une description plus détaillée de l'amidon granulaire, on pourra se
5 référer au chapitre II intitulé « Structure et morphologie du grain d'amidon » de S. Perez, dans l'ouvrage « Initiation à la chimie et à la physico-chimie macromoléculaires », Première Edition, 2000, vol. 13, pp. 41-86, Groupe Français d'Etudes et d'Applications des Polymères.

[0021] L'amidon sec renferme une teneur en eau qui varie de 12 à 20 % en poids
10 selon l'origine botanique. Cette teneur en eau dépend évidemment de l'humidité résiduelle du milieu (pour une $a_w = 1$, l'amidon peut fixer jusqu'à 0,5 g d'eau par gramme d'amidon).

[0022] Le chauffage, en excès d'eau, d'une suspension d'amidon à des
températures proches de sa température de gélatinisation entraîne un gonflement
15 irréversible des granules et conduit à leur dispersion, puis à leur solubilisation.

[0023] Ce sont notamment ces propriétés qui confèrent à l'amidon ses propriétés technologiques d'intérêt.

[0024] Pour une plage de température donnée appelée « plage de gélatinisation »,
le grain d'amidon va gonfler très rapidement et perdre sa structure semi-cristalline
20 (perte de la biréfringence).

[0025] Généralement, tous les granules seront gonflés au maximum sur un
intervalle de température de l'ordre de 5 à 20 °C. On obtient un empois composé de
granules gonflés qui constituent la phase dispersée et de molécules (amylose
principalement) qui épaississent la phase continue aqueuse.

[0026] Les propriétés rhéologiques de l'empois dépendent de la proportion relative
25 de ces deux phases et du volume de gonflement des granules. La plage de gélatinisation est variable selon l'origine botanique de l'amidon.

[0027] La viscosité maximale est obtenue quand l'empois d'amidon renferme un
grand nombre de granules très gonflés. Quand on continue de chauffer avec
30 cisaillement, les granules vont éclater et le matériel va se disperser dans le milieu.

[0028] Les complexes amylose-lipide présentent des retards au gonflement car l'association empêche l'interaction de l'amylose avec les molécules d'eau et il faut des températures supérieures à 90 °C pour obtenir le gonflement total des granules (cas de l'amylomaïs complexé aux lipides).

- 5 **[0029]** La disparition des granules et la solubilisation des macromolécules entraînent une diminution de la viscosité.

[0030] L'abaissement de température (par refroidissement) de l'empois d'amidon provoque une gélification ou une insolubilisation des macromolécules puis on assiste à une cristallisation de ces macromolécules.

- 10 **[0031]** Ce phénomène est connu sous l'appellation de rétrogradation.

[0032] Quand un empois renferme de l'amylose, c'est cette première molécule qui subira la rétrogradation.

- [0033]** Elle consistera à la formation de double hélice et à l'association de ces dernières pour former des « cristaux » qui donneront par l'intermédiaire de zones
15 de jonction un réseau tridimensionnel.

- [0034]** Ce réseau est formé très rapidement, en quelques heures, et continue à se développer jusqu'à quelques semaines plus tard. L'association des molécules entre-elles par l'intermédiaire de liaisons pont hydrogène formant des doubles hélices déplace les molécules d'eau associées dans le réseau et provoque une
20 synérèse importante.

[0035] La complexité structurale de l'amidon et ses propriétés physico-chimiques font que cette classe d'hydrates de carbone sera assimilée puis digérée de façon variable chez l'homme et les animaux.

- [0036]** C'est la raison pour laquelle l'amidon peut être classé en trois catégories, en
25 fonction de sa digestibilité : rapidement digestible, lentement digestible, ou non digestible.

[0037] L'amidon qui se présente sous forme naturellement granulaire / semi cristalline, peut être converti en « amidon rapidement digestible » (acronyme

anglosaxon « RDS » pour Rapid Digestible Starch) après exposition à la chaleur, la pression et/ou à l'humidité durant les processus alimentaires.

[0038] L'amidon lentement digestible (acronyme anglosaxon « SDS » pour Slow Digestible Starch) prend plus longtemps à être dégradé par les enzymes digestives en comparaison avec les RDS parce qu'il présente une structure encore cristalline, et parce qu'il est moins accessible aux enzymes de digestion.

[0039] La digestion de cette fraction SDS conduit à une libération modérée et régulière de glucose dans le sang. On parlera alors d'amidons présentant un faible indice glycémique (acronyme anglosaxon « low G.I. » pour low Glycemic Index ou faible indice glycémique).

[0040] Des aliments qui présentent un contenu élevé en SDS provoqueront alors des réponses glycémiques post prandiales plus faibles et des réponses insulinémiques post prandiales plus basses que des aliments ne contenant qu'un faible contenu en SDS.

[0041] Inversement, les RDS sont des hydrates de carbones nutritifs, car ils libèreront leur glucose dans le sang beaucoup plus rapidement. Attention cependant à ce que la source nutritive n'en contienne trop, ce qui peut entraîner des syndromes métaboliques.

[0042] Quant aux amidons dits résistants (acronyme anglosaxon « RS » pour Resistant Starch), ils sont quant à eux assimilables à des fibres non digestibles (tels que le son de maïs, les fibres d'avoine, les gommages) par les enzymes intestinales.

[0043] Il est admis, dans l'état de l'art, que l'amidon total est la somme de ses trois composantes RDS, SDS et RS.

[0044] Les différents types d'amidon sont donc digérées à des rythmes différents dans le système digestif humain.

[0045] On admet donc que les SDS ont une vitesse de digestion plus lente que les RDS. Les RS sont une fraction de l'amidon qui résiste à la digestion enzymatique dans l'intestin grêle. Ces derniers seront fermentés dans le gros intestin et peuvent dès lors être considérés comme des fibres alimentaires.

[0046] Les fractions SDS et RS sont donc des sources de glucose disponible.

[0047] Les SDS sont trouvés naturellement dans certaines graines non cuites des céréales comme le blé, le riz, l'orge, le seigle, le maïs, dans les légumineuses comme le pois, les féveroles et les lentilles.

[0048] Le contenu en SDS est principalement influencé par la gélatinisation de l'amidon lors du procédé alimentaire qui suivra.

[0049] En effet, lors de ce processus, l'exposition à la température, la pression et l'humidité conduit à la conversion de la fraction SDS en RDS, rendant l'amidon plus accessible à la digestion enzymatique.

[0050] Cette conversion peut être minimisée par le contrôle des conditions de cuisson pour limiter la gélatinisation de l'amidon.

[0051] De ce fait, le contenu originel en SDS dans la composition ou le produit alimentaire dépendra de la manière dont sa préparation aura été menée.

[0052] Il est ainsi connu que les produits alimentaires qui contiennent beaucoup de SDS sont certaines pâtes alimentaires, le riz étuvé, l'orge perlé et certains biscuits, contrairement aux céréales soufflées du petit déjeuner ou au pain qui n'en contiennent habituellement que très peu.

[0053] Le contenu en SDS des aliments est classiquement déterminé en utilisant une méthode in vitro développée par H.N. ENGLYST et ses collaborateurs (publiée en 1992 dans l'European Journal of Clinical Nutrition, vol. 46, pp. S33 –S50).

[0054] Dans la suite de cet exposé, il sera fait référence à cette méthode de 1992 « selon ENGLYST ».

[0055] Cette méthode a été élaborée pour simuler la digestion enzymatique qui se produit dans l'intestin grêle.

[0056] Un échantillon de produit ou d'amidon est introduit dans un tube, en présence d'enzymes digestives, et la libération du glucose est mesurée durant 120 minutes de réaction.

[0057] Cette méthode permet alors de différencier :

- La fraction RDS, par la mesure du glucose disponible rapidement (acronyme anglosaxon « RAG »), en l'occurrence ici mesure du glucose libéré entre 0 et 20 minutes ;
- La fraction SDS, par la mesure du glucose disponible lentement (acronyme anglosaxon « SAG ») ; en l'occurrence ici mesure du glucose libéré entre 20 et 120

minutes ;

- La fraction RS, correspondant au glucose non libéré après 120 minutes, qui se calcule selon la méthode ENGLYST par la formule suivante : $TS - (RDS + SDS)$ où TS = amidon total (Total Starch considéré égal à 100 % lorsque les analyses sont

5 réalisées sur l'amidon en tant que tel).

[0058] Des aliments riches en glucides contenant plus de 50 % en poids de carbohydrates disponibles provenant d'amidon, dont au moins 40 % en poids sont du SDS, sont classiquement considérés comme des aliments à haute richesse en SDS.

10 **[0059]** Ils sont donc préconisés pour limiter l'indice glycémique et la production d'insuline, en regard des aliments plus pauvre en SDS.

[0060] De tous les amidons classiquement mis en œuvre dans ces applications alimentaires, les amidons de légumineuses, et plus particulièrement l'amidon de pois est un candidat de choix.

15 **[0061]** En effet, les graines de pois sont connues pour leur richesse en amidon (entre 55 et 70 % en poids de matière sèche) et pour leur faible indice glycémique (RATNAYAKE et al. « Pea starch, composition, structure and properties – A review », Starch/Stärke, 2002, vol. 54, pp. 217-234).

[0062] Les amidons de pois natifs, présentant une teneur en SDS classiquement
20 comprises entre 27 et 38 % en poids selon ENGLYST sont donc d'intérêt pour des applications nutritionnelles.

[0063] Cependant, pour préparer des aliments à haute richesse en SDS, il est nécessaire de disposer d'amidon présentant une plus haute teneur en fraction glucidique lentement digestible.

25 **[0064]** Il est connu dans l'état de l'art que des traitements thermiques de type recuit (terme anglosaxon d'« annealing ») permettent d'altérer la structure cristalline du granule d'amidon.

[0065] Cependant, Il est connu dans l'état de l'art que les procédés d'annealing n'ont pas pour objectif principal d'augmenter la teneur en fraction lentement
30 digestible (SDS), mais au contraire de rendre plus digestible l'amidon, et notamment l'amidon de légumineuse comme le pois (cf. article de CHUNG et al, dans

Carbohydr. Polym., 2009, vol. 75, pp. 436-447), en en augmentant la teneur en fraction RDS.

[0066] Dans sa demande de brevet WO 2021/099747, la société Demanderesse a cependant optimisé cette technologie d'anncaling, non pas pour augmenter la fraction RDS, mais bien pour augmenter le contenu en SDS de l'amidon de légumineuse, notamment du pois, en cherchant et trouvant des conditions opératoires d'anncaling particulièrement adaptées à cette fin.

[0067] Il demeure cependant une limitation au procédé d'anncaling proprement dit. Ce traitement est en effet normalement effectué dans le cadre d'un processus discontinu, qui nécessite un chauffage à une température ciblée pendant au moins 30 minutes.

[0068] Le temps de chauffage dans le processus discontinu a pour but d'équilibrer la température entre la source de chaleur et le centre du récipient (ou réacteur) et de permettre le réarrangement des cristallites d'amidon (effet de recuit).

[0069] Un réacteur plus grand nécessitera un temps de chauffage plus long en raison du trajet plus long entre la source de chaleur et le centre du récipient. De même, un contenu solide plus élevé nécessitera un temps de chauffage plus long en raison de la viscosité plus élevée.

[0070] La société Demanderesse a donc décidé d'optimiser ce procédé d'anncaling, en trouvant des conditions opératoires permettant d'augmenter le contenu en SDS de l'amidon de légumineuse, notamment du pois, en mettant en œuvre un procédé continu avec un temps de chauffage beaucoup plus court que celui du procédé anncaling de base.

Brève description des dessins

[0071] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

Fig. 1

[0072] [Fig. 1] montre un cuiseur thermique selon un mode de réalisation de l'invention comprenant trois bains en série.

[0073]

Description détaillée

[0074] Ainsi, l'invention concerne un procédé de préparation d'un amidon de légumineuse, de préférence de l'amidon de pois, à haute teneur en fraction lentement digestible (SDS), procédé de traitement hydrothermique caractérisé en

5 ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 1) Préparer un lait d'amidon à une matière sèche comprise entre 30 et 40 % en poids,
- 2) Chauffer le lait d'amidon ainsi préparé à une température comprise entre 48 et 60°C, de préférence 55°C, dans un réacteur en continu, de manière à ce que le
- 10 temps de séjour du lait d'amidon soit inférieur à 5 minutes, de préférence de moins de 2 minutes,
- 3) Récupérer, filtrer et sécher le lait d'amidon ainsi traité.

[0075] Par « haute teneur en fraction lentement digestible », au sens de la présente invention, on entend une augmentation de la teneur en SDS de 5 à 25 % en poids

15 sec, de préférence 10 à 20 % en poids sec par rapport à la l'amidon à partir duquel il est préparé.

[0076] Par « légumineuse » au sens de la présente invention, on entend toute plante appartenant aux familles des césalpiniacées, des mimosacées ou des papilionacées et notamment toute plante appartenant à la famille des papilionacées

20 comme, par exemple, le pois, le haricot, la fève, la fèverole, la lentille, la luzerne, le trèfle ou le lupin.

[0077] Cette définition inclut notamment toutes les plantes décrites dans les tableaux de l'article de HOOVER et al. intitulé « Composition, structure, functionality and chemical modification of legume starches : a review », Can. J. Physiol.

25 Pharmacol., 1991, vol. 69, pp. 79-92.

[0078] De préférence, la légumineuse est choisie dans le groupe comprenant le pois, le haricot, la fève et la fèverole.

[0079] Avantageusement, il s'agit de pois, le terme « pois » étant ici considéré dans son acception la plus large et incluant en particulier :

30 - toutes les variétés sauvages de « pois lisse » (« smooth pea »), et

- toutes les variétés mutantes de « pois lisse » et de « pois ridé » (« wrinkled pea ») et ce, quelles que soient les utilisations auxquelles on destine généralement lesdites variétés (alimentation humaine, nutrition animale et/ou autres utilisations).

[0080] Lesdites variétés mutantes sont notamment celles dénommées « mutants r »
5 », « mutants rb », « mutants rug 3 », « mutants rug 4 », « mutants rug 5 » et « mutants lam » tels que décrits dans l'article de HEYDLEY et al. intitulé « Developing novel pea starches » Proceedings of the Symposium of the Industrial Biochemistry and Biotechnology Group of the Biochemical Society, 1996, pp. 77-87.

[0081] Selon une autre variante avantageuse, les légumineuses (par exemple des
10 variétés de pois ou de féverole) sont des plantes donnant des graines contenant au moins 25 %, de préférence au moins 40 %, en poids d'amidon (sec/sec).

[0082] Par « amidon de légumineuse », on entend toute composition extraite et ce, de quelque manière que ce soit, d'une légumineuse et notamment d'une papilionacée, et dont la teneur en amidon est supérieure à 40 %, de préférence
15 supérieure à 50 % et encore plus préférentiellement supérieure à 75 %, ces pourcentages étant exprimés en poids sec par rapport aux poids sec de ladite composition.

[0083] Avantageusement, cette teneur en amidon est supérieure à 90 % (sec/sec). Elle peut en particulier être supérieure à 95 % en poids, y compris supérieure à
20 98 % en poids.

[0084] Par amidon « natif », on entend un amidon qui n'a subi aucune modification chimique.

[0085] Afin de déterminer leur teneur de base en fraction SDS, les amidons de pois selon l'invention ou non sont analysés suivant les conditions opératoires de
25 digestion in vitro de la méthode de ENGLYST et al. intitulé « Classification and measurement of nutritionally important starch fractions », Eur. J. Clin. Nutr., 1992, vol. 46 (Supp. 2), pp. S33-S50.

[0086] La méthode consiste à mesurer les fractions d'amidon rapidement digestible (RDS), lentement digestible (SDS) et non digestible (résistants) (RS) contenues
30 dans un aliment.

[0087] Ces fractions sont déterminées après digestion enzymatique avec de la pancréatine, de l'amyloglucosidase et de l'invertase.

[0088] Le glucose libéré est mesuré par colorimétrie, en utilisant un kit de glucose oxydase Glucose GOD FS référencé 1 2500 99 10 923, commercialisé par la société
5 DiaSys Distribution France Sarl en suivant le protocole dudit kit.

[0089] Le détail de la méthode mise en œuvre pour la mesure de la digestion selon ENGLYST est similaire à celui donné par la société Demanderesse dans sa demande brevet WO 2021/099747.

[0090] Les réactifs utilisés :

- 10 - Acétate de sodium anhydre (réf : 71184, de la société SIGMA)
- Acide benzoïque (réf : 242381, de la société SIGMA)
- CaCl_2 (réf : 1.02378.0500, de la société MERCK)
- Acide acétique 0,1M (réf : 33209, de la société SIGMA)
- Pancréatine de porc 8 x USP (réf : P 7545 de la société SIGMA)
- 15 - Amyloglucosidase EC 3.2.1.3 (de la société SIGMA, d'activité ≥ 260 U/ml / ≈ 300 AGU/ml, Cat. NO. A7095)
- Invertase EC 3.2.1.26 (de la société SIMA, d'activité ≥ 300 units/mg solid, Cat. NO. I-4504)
- Guar (réf : G4129, de la société SIGMA)
- 20 - Ethanol à 66°

Mode opératoire

[0091] Le tampon acétate (0,1 M) a été préparé en dissolvant 8,203 g d'acétate de sodium anhydre dans 250 ml de solution saturée d'acide benzoïque, en le diluant à 500 ml avec de l'eau RO, en ajustant le pH à 5,2 avec de l'acide acétique 0,1 M, en
25 le diluant à nouveau à 1000 ml avec de l'eau RO et en ajoutant 4 ml de CaCl_2 1 M par litre de tampon.

[0092] La solution enzymatique a été préparée fraîchement avant les expériences. Quatre tubes à centrifuger de 50 ml ont été préparés, chacun contenant 2,5 g de pancréatine porcine (8 x USP, P7545, Sigma) et mélangé à 20 ml d'eau RO.
30 Le mélange a été agité pendant 10 minutes et centrifugé pendant 10 minutes à

1500 × g.

Les surnageants (13,5 ml de chaque tube) ont été combinés et mélangés avec 2,775 ml d'amyloglucosidase (EC 3.2.1.3, A7095, Sigma), 3,225 ml d'eau RO et 33,3 mg d'invertase (EC 3.2.1.26, I4504, Sigma) prédissous dans 4 ml d'eau RO.

- 5 **[0093]** Chaque échantillon (0,8 g, base sèche) a été mélangé avec 20 ml de tampon acétate et 50 mg de gomme de guar dans un tube de 50 ml.

[0094] Un témoin « blanc » a été préparé en utilisant 20 ml de tampon acétate et 50 mg de gomme de guar, sans échantillon, tandis qu'un étalon contenait 0,5 g de glucose anhydre et 50 mg de gomme de guar dans 20 ml de solution tampon acétate.

- 10 **[0095]** La gomme de guar peut être prédissooute dans le tampon acétate, par exemple, 750 mg de gomme de guar dans 300 ml de tampon acétate.

Les échantillons, le blanc et l'étalon ont été équilibrés à 37°C dans un bain-marie avec agitation pendant 15 minutes.

- 15 **[0096]** Une aliquote (0,1 ml) a été prélevée dans chaque tube avant d'ajouter les enzymes (0 minute) et mélangée avec 0,9 ml de solution d'éthanol à 66 %.

En prenant un tube par minute, 5 ml de solution enzymatique ont été ajoutés aux échantillons, au blanc et à l'étalon.

[0097] Immédiatement après le mélange, les tubes ont été replacés dans le bain-marie à 37°C pendant 120 min sous agitation.

- 20 **[0098]** Une aliquote (0,1 ml) a été prélevée dans chaque tube à 20 et 120 minutes et bien mélangée avec 0,9 ml de solution d'éthanol à 66 % v/v.

Les mélanges de solutions alcoolisées ont été centrifugés à 1500 × g pendant trois minutes.

- 25 **[0099]** La teneur en glucose (G_0 , G_{20} et G_{120} pour 0, 20 et 120 minutes, respectivement) dans chaque surnageant a été analysée à l'aide d'une méthode colorimétrique, et utilisée pour calculer l'amidon rapidement digestible (RDS), l'amidon lentement digestible (SDS) et l'amidon résistant (RS) comme suit :

- $RDS = (G_{20} - G_0) \times 0,9$

- $SDS = (G_{120} - G_{20}) \times 0,9$

- 30 - $RS = 100 \% - (RDS + SDS) = 100 \% - (G_{120} \times 0.9)$

[0100] La méthode d'ENGLYST classique ne permet pas d'hydrolyser les échantillons d'amidon jusqu'à épuisement, car comme la société Demanderesse l'a

constaté, une plus grande quantité d'amidon peut être hydrolysée après 2 heures de réaction.

[0101] Cette observation a permis à la société Demanderesse d'exploiter cette propriété en découvrant l'existence d'une fraction très lentement digestible, issue de la fraction RS de l'amidon de pois, dans sa demande de brevet WO 2021/099748. Cette fraction a été définie comme la fraction vSDS (pour very Slow Digestible Starch).

[0102] Par conséquent, la méthode AOAC 2002.02, qui utilise une hydrolyse de 16 heures, a été utilisée pour obtenir la teneur absolue en RS, et le résultat peut être revendiqué comme fibre alimentaire.

[0103] Pour différencier les deux teneurs en RS, les paramètres RS_E et RS_A ont été utilisés pour désigner les teneurs en RS obtenues par la méthode d'ENGLYST (RS_E) et par AOAC 2002.02 (RS_A), respectivement.

[0104] La différence entre RS_E et RS_A est considérée comme de l'amidon très lentement digestible (vSDS), la partie digestible de l'amidon qui nécessite plus de 2 heures pour être hydrolysée en utilisant la méthode d'ENGLYST.

[0105] Selon cette méthode, l'amidon de pois natif présente classiquement une teneur :

- en RDS comprise entre 13 et 16 % en poids,
- une teneur en SDS comprise entre 24 et 38 % en poids,
- une teneur en RS_E comprise entre 50 et 65 % en poids,
- une teneur en RS_A comprise entre 9 et 20 % en poids,
- une teneur en vSDS comprise entre 35 et 45 % en poids.

[0106] Pour augmenter le taux de SDS, le procédé de traitement thermique flash selon l'invention, développé par la société Demanderesse, repose sur une conduite hydrothermique précise.

[0107] L'invention est alors relative à un procédé de préparation d'un amidon de légumineuse, de préférence de l'amidon de pois, à haute teneur en fraction lentement digestible (SDS), procédé de traitement hydrothermique caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 1) Préparer un lait d'amidon à une matière sèche comprise entre 30 et 40 % en

poids,

2) Chauffer le lait d'amidon ainsi préparé à une température comprise entre 50 et 60°C, de préférence 55°C, dans un réacteur en continu, de manière à ce que le temps de séjour du lait d'amidon soit inférieur à 5 minutes, de préférence de moins

5 de 2 minutes,

3) Récupérer, filtrer et sécher le lait d'amidon ainsi traité.

[0108] La première étape dudit procédé conforme à l'invention consiste à préparer un lait d'amidon de légumineuse, en l'occurrence de pois, à une matière sèche comprise entre 30 et 40 % en poids, de préférence 32 % en poids.

10 **[0109]** La seconde étape du procédé conforme à l'invention consiste à chauffer le lait d'amidon ainsi préparé à une température comprise entre 48 et 60°C, de préférence 55°C, dans un réacteur en continu, de manière à ce que le temps de séjour du lait d'amidon soit inférieur à 5 minutes, de préférence de moins de 2 minutes.

15 **[0110]** Cette température du lait d'amidon est celle mesurée à la sortie du dispositif de traitement thermique.

[0111] La société Demanderesse recommande de mettre en œuvre un cuiseur thermique dont la température des bains n'excède pas 65°C. Comme il sera exemplifié ci-après, dans le dispositif de laboratoire utilisé dans un exemple de mise
20 en œuvre du procédé selon l'invention, le cuiseur thermique utilisé dans les exemples comprend trois bains en série (cf. Fig. 1). Toutefois, ce dispositif peut être remplacé par n'importe quel autre dispositif permettant de mettre en œuvre un procédé continu. L'homme de l'art saura sélectionner les dimensions, le nombre de bains, et le débit adapté à chaque dispositif afin de réaliser cette seconde étape
25 dans des conditions adéquates.

[0112] D'autres dispositifs permettant de réaliser le procédé selon l'invention sont par exemple ceux utilisés pour la pasteurisation des produits laitiers, tels que les échangeurs à plaque ou les échangeurs tubulaires.

[0113] De manière avantageuse, la seconde étape peut être précédée d'une étape
30 de pré-chauffage, par exemple à une température comprise entre 35 et 45°, de préférence environ 40°C, pendant un temps suffisant pour permettre au lait d'amidon d'atteindre une température plus proche de celle de l'étape 2). La durée

de cette étape facultative de pré-chauffage sera déterminée aisément par l'homme de l'art en fonction de la configuration exacte du dispositif

5 [0114] La troisième étape et dernière étape du procédé conforme à l'invention consiste alors en la récupération, la filtration et le séchage du lait d'amidon ainsi traité, tel qu'exemplifié ci-après.

[0115] La teneur en humidité résiduelle de l'amidon sec obtenu est inférieure à 15 % en poids, de préférence inférieure ou égale à 12 % en poids.

10 [0116] La mesure ENGLYST de digestibilité de ces produits donne des valeurs en SDS augmentées de 8 à 25 % en poids sec, de préférence 12 à 20 % en poids sec par rapport à l'amidon à partir duquel il est préparé.

[0117] Comme il sera exemplifié ci-après, cette valeur en SDS pour l'amidon de pois est de plus de 35 % en poids, de préférence comprise entre 40 et 55 % en poids.

15 [0118] La présente invention concerne également un amidon de pois à haute teneur en fraction lentement digestible préparé selon l'un des procédés décrits ci-dessus, caractérisé en ce que la teneur en SDS est supérieure à 35% en poids, de préférence comprise entre 40 et 50% en poids.

20 [0119] Ces amidons à haute teneur en SDS seront alors avantageusement mis en œuvre dans les domaines d'applications alimentaires (destinés notamment aux sportifs) ou médicale (nutrition spécialisée).

[0120] L'invention concerne également l'utilisation d'un amidon selon l'invention dans les domaines d'applications alimentaires et médicales, notamment pour l'alimentation des sportifs ou en nutrition spécialisée.

25

[0121] L'invention sera encore mieux comprise à la lecture des exemples qui suivent, lesquels se veulent illustratifs en faisant seulement état de certains modes de réalisation et de certaines propriétés avantageuses selon l'invention, et non limitatifs.

30 [0122] **Exemple 1 : Traitement thermique flash de l'amidon de pois, présentant une teneur en SDS de 33 %, à différentes températures**

[0123] Une suspension d'amidon de pois (amidon de pois LN30 commercialisé par la société Demanderesse – lot 1) à 32 % de matière sèche dans de l'eau déminéralisée a été chauffée dans le cuiseur de laboratoire de la Fig. 1 pour atteindre une température de 50, 52, 55 ou 59 °C à la sortie.

5 **[0124]** Le système a fonctionné avec de l'eau jusqu'à ce que la température du cuiseur soit stable, puis l'eau a été remplacée par la suspension d'amidon de pois.

[0125] Les températures des trois bains ont été ajustées jusqu'à ce que la température souhaitée soit obtenue à la sortie du cuiseur de laboratoire (voir Tableau I).

10 **[0126]** Un cuiseur thermique comprenant 3 bains en série a été utilisé dans cet exemple. Toutefois si les dimensions le permettent il peut être remplacé par un cuiseur permettant un procédé en continu comprenant un unique bain à la température désirée.

[0127] La suspension d'amidon de pois a été préchauffée à 40 °C pour réduire le
15 temps nécessaire pour atteindre la température cible dans le cuiseur de laboratoire. Le débit de la suspension d'amidon était d'environ 200 mL/min. Le temps de séjour était inférieur à 2 minutes.

[0128] L'amidon traité a été filtré à travers un entonnoir Buchner avec un disque fritté de porosité n°3, puis séché à l'aide d'un séchoir à lit fluidisé (TG 200, Retsch)
20 à 60 °C jusqu'à une humidité égale ou inférieure à 12 %, et broyé à l'aide d'un robot de cuisine (Thermomix TM3300, Vorwerk, Allemagne).

[0129] Tableau I

	Temperature (°C)			Température à la sortie (°C)
	Bain I	Bain II	Bain III	
1	57,5	55	50	49-50
2	55	55	55	51-52
3	60	60	60	54-55
4	65	65	65	58-59

[0130] La digestibilité in vitro de l'amidon de pois traité a été analysée selon ENGLYST tel qu'indiqué ci-avant, et les résultats présentés dans le tableau II
25 suivant.

[0131] Tableau II

	RDS (%)	SDS (%)	RS _E (%)	RS _A (%)	vSDS (%)
Amidon de pois LN 30 lot 1	16	33	51	9,7	41,3
1	21	36	43	3,3	39,7
2	21	38	41	3,9	37,1

3	25	37	38	3	35
4	31	52	17	2,7	14,3

[0132] Les traitements 1, 2 et 3 ont produit un amidon ayant des propriétés de digestibilité similaires, ce qui a légèrement augmenté les teneurs en RDS et SDS de l'amidon de pois natif de base, tout en diminuant la RS_E et la RS_A (Tableau II).

[0133] Le traitement 4 présentait les teneurs les plus élevées en SDS et en RDS, où la teneur en SDS était également supérieure à celle en RDS.

[0134] Le traitement 4 contenait également les plus faibles RS_E et RS_A . Les teneurs en RS_A étaient très similaires parmi les échantillons traités, qui étaient très faibles ($< 4\%$), ce qui indique que la plupart des RS_E étaient en fait des vSDS.

[0135] Les propriétés de gélatinisation ont été analysées à l'aide du DSC 8000 (Perkin Elmer, USA). Chaque échantillon d'amidon a été mélangé à de l'eau pour obtenir une suspension d'amidon à 18 % (p/p). La suspension d'amidon (15 mg) a été placée dans un creuset en aluminium et fermée hermétiquement. Elle a ensuite été équilibrée à 5°C avant d'être chauffée de 5°C à 110°C à 10°C/min.

[0136] La température de début (terme anglosaxon d'onset temperature ou T_o), la température de pointe (peak temperature ou T_p), la température de conclusion (conclusion temperature ou T_c) et l'enthalpie de gélatinisation ont été déterminées à partir de leurs thermogrammes.

[0137] Les résultats sont présentés dans le tableau III suivant.

[0138] Tableau III

	T_o (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g starch)
Amidon de pois LN 30 lot 1	63,4	71,2	78,2	13,6
1	63,1	70,9	78,4	14,3
2	62,9	71,0	77,8	14,2
3	63,4	71,0	78,6	13,8
4	66,2	71,8	78,2	13,3

[0139] Les traitements 1, 2 et 3 montrent de légers changements dans les propriétés de gélatinisation de l'amidon de pois natif, alors que le traitement 4 a augmenté le T_o , tandis que les autres propriétés étaient similaires à celles de l'amidon de pois natif (Tableau III).

[0140] L'augmentation du T_o est un indicateur de l'effet de recuit, ce qui explique le changement important de la digestibilité de l'amidon de pois après le traitement 4.

[0141] Exemple 2 : Traitement thermique flash de deux lots d'amidon de pois, présentant respectivement 24 et 34 % de SDS

[0142] Deux suspensions d'amidon de pois (amidon de pois natif N-735 et amidon de pois LN30 – lot 2 de la société Demanderesse) à 32 % ou 37 % de matière sèche
5 dans de l'eau déminéralisée ont été traités dans un cuiseur de laboratoire à 55 °C.

[0143] Le système a fonctionné avec de l'eau jusqu'à ce que la température du cuiseur soit stable, puis l'eau a été remplacée par la suspension d'amidon de pois.

[0144] La concentration de la suspension d'amidon et les températures des trois bains du cuiseur de laboratoire sont indiquées dans le tableau IV.

10 **[0145]** La suspension d'amidon de pois a été préchauffée à 40 °C pour réduire le temps nécessaire pour atteindre la température cible dans le cuiseur de laboratoire.

[0146] Le débit de la suspension d'amidon était d'environ 200 mL/min.

[0147] Le temps de séjour était inférieur à 2 minutes.

[0148] L'amidon traité a été filtré à travers un entonnoir Buchner avec un disque fritté de porosité n°3, puis séché à l'aide d'un séchoir à lit fluidisé (TG200, Retch) à
15 60 °C jusqu'à une humidité égale ou inférieure à 12 %, et broyé à l'aide d'un robot de cuisine (Thermomix TM3300, Vorwerk, Allemagne).

[0149] Tableau IV

Treatment	Type d'amidon de pois	Concentration de la suspension d'amidon (%)	Temperature (°C)			Température à la sortie (°C)
			Bain I	Bain II	Bain III	
5A	LN 30 lot 2	32	55	55	55	49
5B	LN 30 lot 2	37	55	55	55	49
6A	N-735	32	55	55	55	49
6B	N-735	37	55	55	55	49
6C	N-735	37	55	55	55	50

[0150] La digestibilité in vitro de l'amidon de pois traité a été analysée selon
20 ENGLYST tel qu'indiqué ci-avant, et les résultats présentés dans le tableau V suivant.

[0151] Tableau V

	RDS (%)	SDS (%)	RS _E (%)	RS _A (%)	vSDS (%)
LN 30 lot 2	13	34	53	16	37
5A	27	42	30	6	24

5B	25	42	34	5	28
N-735	15	24	61	17	44
6A	19	36	45	8	37
6B	27	36	36	9	28
6C	20	35	45	9	36

[0152] Les teneurs en RS_E étaient les plus élevées dans les amidons de pois natifs, suivies par leurs teneurs en $vSDS$. La plupart des teneurs en RS_E étaient des $vSDS$ car les teneurs en RS_A étaient inférieures à 50 % des teneurs en RS_E .

[0153] Les suspensions d'amidon de 32 % et 37 % ont montré des résultats de digestibilité in vitro similaires (Tableau V).

[0154] Tous les échantillons traités ont montré des teneurs en RDS et en SDS plus élevées et des teneurs en RS_E et en RS_A plus faibles que leurs homologues natifs.

[0155] Les teneurs en RDS des amidons traités étaient toujours inférieures à 30 % et étaient plus faibles que leurs teneurs en SDS.

10 **[0156]** Les diminutions des teneurs en RS_E étaient plus importantes que celles des teneurs en RS_A , ce qui a réduit leurs différences, indiquant que les teneurs en $vSDS$ ont diminué après le traitement. Cependant, en général, plus de 70 % des teneurs en RS_E étaient encore des $vSDS$.

[0157] Table VI

	T_o (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g starch)
LN 30 lot 2	62.1	70.2	77.8	13.4
5A	61.8	69.8	77.4	13.3
5B	64.0	70.0	77.9	14.3
N-735	61.0	69.3	78.2	13.6
6A	61.0	69.0	78.0	13.7
6B	61.3	68.9	78.2	13.2
6C	60.3	68.7	78.6	14.4

15 **[0158]** Les changements dans les propriétés de gélatinisation après le traitement étaient moins apparents (Tableau VI).

Revendications

[Revendication 1] Procédé de préparation d'un amidon de légumineuse à haute teneur en fraction lentement digestible (SDS), procédé de traitement hydrothermique caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 5 1) Préparer un lait d'amidon à une matière sèche comprise entre 30 et 40 % en poids,
- 2) Chauffer le lait d'amidon ainsi préparé à une température comprise entre 50 et 60°C, de préférence 55°C, dans un réacteur en continu, de manière à ce que le temps de séjour du lait d'amidon soit inférieur à 5 minutes, de préférence de moins
10 de 2 minutes,
- 3) Récupérer, filtrer et sécher le lait d'amidon ainsi traité.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'amidon de légumineuse est choisi dans le groupe des amidons le pois, de haricot, de fève, de fèverole, de lentille, de luzerne, de trèfle et de lupin, et est
15 particulièrement l'amidon de pois.

[Revendication 3] Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la haute teneur en fraction lentement digestible (SDS) correspond une augmentation de 5 à 25 % en poids sec, de préférence 10 à 20 % en poids sec par rapport à l'amidon de départ.

20 **[Revendication 4]** Amidon de pois à haute teneur en fraction lentement digestible préparé selon le procédé de l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la teneur en SDS est supérieur à 35 % en poids, de préférence comprise entre 40 et 55 % en poids.

[Revendication 5] Utilisation d'un amidon selon la revendication 4 dans des
25 domaines d'applications alimentaires, notamment pour l'alimentation des sportifs.