

⑤④ PROCÉDE D'OBTENTION DE FARINES ENRICHIES EN PROTEINES PROVENANT DE LARVES UTILISÉES POUR LA BIOCONVERSION DE DÉCHETS ORGANIQUES.

②② Date de dépôt : 19.07.19.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : VEOLIA ENVIRONNEMENT-VE
S.A. — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 22.01.21 Bulletin 21/03.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 20.05.22 Bulletin 22/20.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : MENARD Romain, LAMY Caroline,
VIALA Frédéric et SIBONY Michel.

⑦③ Titulaire(s) : VEOLIA ENVIRONNEMENT-VE S.A..

⑦④ Mandataire(s) : NOVAGRAAF TECHNOLOGIES.



Description

Titre de l'invention : PROCEDE D'OBTENTION DE FARINES ENRICHIES EN PROTEINES PROVENANT DE LARVES UTILISEES POUR LA BIOCONVERSION DE DECHETS OR- GANIQUES

- [0001] La présente invention concerne de manière générale l'enrichissement en protéines de produits tels que des farines provenant de larves nourries de déchets organiques.
- [0002] Afin de pouvoir commercialiser des produits à forte valeur ajoutée, il est important d'éliminer autant que possible l'huile présente dans les larves nourries avec les déchets organiques, pour augmenter la teneur en protéines dans la farine produite.
- [0003] Dans les procédés connus de l'homme du métier, est essentiellement abordé le problème de traitement d'insectes ou des larves en vue de produire des aliments pour les animaux ou pour faire face à la croissance démographique et aux risques de mal-nutrition humaine. En effet les insectes et leurs larves sont riches en protéines et en graisse.
- [0004] Ainsi, la demande de brevet américain US 2015/0374005 décrit un procédé de conversion d'insectes ou de vers en flux d'éléments nutritifs, comprenant une phase aqueuse riche en protéines, une phase lipidique et une phase solide. Le procédé d'US 2015/0374005 comprend les étapes consistant à couper et à écraser des insectes, des larves ou des vers pour obtenir ainsi une pulpe, dans laquelle les insectes, les larves ou les vers sont réduits en taille, puis à chauffer la pulpe à une température de 70-100°C, et enfin à soumettre la pulpe chauffée à une étape de séparation physique, de préférence une décantation et / ou une centrifugation. US 2015/0374005 indique que la taille des particules d'insectes présentes dans la pulpe joue un rôle important pour l'extraction des huiles : une petite taille est favorable à l'extraction des huiles ; par contre la présence de particules trop petites (inférieures à 10 µm environ) pourrait provoquer une émulsion rendant la séparation de l'huile plus difficile.
- [0005] Des essais mettant en œuvre le procédé d'US 2015/0374005 ont été réalisés par le demandeur selon les étapes suivantes : découpage des larves, puis chauffage de la pulpe obtenue à différentes températures. Les résultats obtenus ont montré la présence d'une émulsion, au-dessus des phases aqueuse et solide (comme montré par la figure 15). Or, avec une telle émulsion il est difficile de séparer les phases huileuse et aqueuse afin d'en extraire uniquement l'huile.
- [0006] Afin d'améliorer l'extraction de l'huile et de ne pas créer d'émulsion pour obtenir un produit à forte teneur en protéines, le demandeur a mis au point un procédé conduisant à l'obtention d'une farine provenant de larves nourries de déchets organiques, dans

lequel l'extraction de l'huile contenue dans les larves est améliorée de manière à enrichir en protéines la farine.

[0007] Plus particulièrement, la présente invention a donc pour objet un procédé d'obtention de farines enrichies en protéines à partir de larves utilisées pour la bioconversion de déchets organiques, comprenant les étapes suivantes :

- une étape de fourniture de larves préalablement nettoyées constituant un mélange nutritif initial de larves fraîches ;
- une étape mécanique de réduction de la taille des larves, conduisant à la formation d'un mélange nutritif sous forme de pulpe (ou pulpe larvaire) ;
- une étape de séparation physique dudit mélange nutritif sous forme de pulpe larvaire, conduisant à l'obtention d'une phase lipidique (également appelée « huile libre »), d'une phase liquide riche en protéines et contenant majoritairement de l'eau, et d'une phase solide riche en protéines ;
- une étape de séchage de la phase solide ;
- une étape de refroidissement du produit séché ainsi obtenu, suivie d'un broyage fin pour obtenir une farine ;

[0008] ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de chauffage réalisée avant l'étape de réduction mécanique et à une température comprise entre 60°C et 90°C.

[0009] Par bioconversion, on entend, au sens de la présente invention, la transformation en produits à forte valeur ajoutée de produits organiques (restes de restauration, rebuts de récoltes, sous-produits de transformation agroalimentaire...) jusqu'alors sous-valorisés.

[0010] Par larves fraîches, on entend, au sens de la présente invention, des larves en phase de croissance, qui ont été mises en contact avec des déchets organiques dont elles se sont nourries. Les déchets sont ainsi dégradés et traités. Les larves sont ensuite récoltées, lavées (ou nettoyées) et transformées en farines, par le procédé selon l'invention.

[0011] Par pulpe larvaire, on entend, au sens de la présente invention, un mélange visqueux se présentant sous forme de pâte contenant les mêmes composants et nutriments que les larves mais sous une forme plus homogène.

[0012] Dans le cadre du procédé selon l'invention, on cherche à enrichir en protéines une farine provenant de larves utilisées pour la bioconversion de déchets organiques, telles que par exemple des larves de mouches *Hermetia illucens* ou *Tenebrio molitor*.

[0013] La deuxième étape du procédé selon l'invention est donc l'étape de chauffage, qui est réalisée avant l'étape de réduction mécanique de la taille des larves fraîches (mélange nutritif initial). Le chauffage permet de réduire la viscosité de l'huile présente dans la partie molle des larves et modifie les liaisons entre les différents composants ce qui

favorise l'étape de séparation ultérieure. Les larves fraîches sont chauffées jusqu'à une température comprise entre 60°C et 90°C, de préférence à une température comprise entre 70 et 90°C, et de préférence à 80°C. Après la phase de séparation, le pourcentage d'huile libre est au maximum à une température de l'ordre de 80°C. Au-dessus de 90°C, le pourcentage d'huile extraite n'est pas amélioré.

- [0014] Au-dessous de 60°C, après séparation, on obtient à la place de la phase lipidique (ou « *huile libre* ») et de la phase liquide essentiellement aqueuse, une émulsion huile-dans-eau.
- [0015] De manière avantageuse, cette étape de chauffage peut être réalisée pendant une durée d'au moins 2 minutes, de préférence pendant une durée comprise entre 5 et 15 minutes, et mieux de l'ordre de 10 minutes. Au-dessous d'une durée de 2 minutes et au-delà d'une durée de 15 minutes, le pourcentage volumique de phase lipidique obtenue après séparation par rapport à la quantité totale de mélange nutritif sous forme de pulpe est faible (inférieur à 5%). On obtient un taux de phase lipidique maximum si la durée du chauffage est de l'ordre de 10 minutes.
- [0016] De manière avantageuse, cette étape de chauffage peut être réalisée par immersion dans l'eau chaude. En pratique, le mélange de larves fraîches peut être placé dans un container de type béccher, lui-même immergé dans un bain chaud. Le chauffage peut également être réalisé par tout autre moyen de chauffage équivalent, par exemple dans un tambour égoutteur en rotation dans de l'eau chaude chauffée à la vapeur.
- [0017] Dans le procédé selon l'invention, on procède ensuite à l'étape mécanique de réduction de la taille des larves conduisant à la formation d'un mélange nutritif sous forme de pulpe larvaire. Cette étape peut être réalisée par découpage et écrasement, par exemple à l'aide d'un hachoir de boucherie. L'objectif de cette étape est de réduire les larves chauffées pour obtenir une pulpe larvaire formée de particules fines et homogènes, dont les éléments nutritifs pourront être facilement récupérés lors de l'étape ultérieure de traitement.
- [0018] De manière avantageuse, la taille des particules de larves peut être comprise entre 1 et 5 mm, à l'issue de l'étape mécanique de réduction de la taille.
- [0019] Dans le procédé selon l'invention, l'étape mécanique de réduction de la taille des larves est suivie d'une étape de séparation physique de la pulpe larvaire, conduisant à l'obtention d'une phase lipidique, d'une phase liquide riche en protéines et contenant majoritairement de l'eau, et d'une phase solide riche en protéines.
- [0020] Préalablement à cette étape de séparation physique, on peut, de manière facultative, ajouter dans la pulpe larvaire du chlorure d'un métal alcalin, préférentiellement du NaCl (typiquement du sel de cuisine), à raison de 1 à 40 g/l de pulpe, et de préférence à raison de 20 à 25 g/l de pulpe larvaire. L'ajout de sel a pour effet de perturber les liaisons entre les différents types de nutriments contenus dans la pulpe larvaire (par

exemple entre les protéines et les huiles), et d'améliorer la séparation de ces nutriments.

[0021] De même, préalablement à l'étape de séparation physique, le pH de la pulpe larvaire peut, de manière facultative, être ajusté pour être compris entre 3 et 5,5, et de préférence pour être de l'ordre de 4,5. L'ajustement du pH à ces valeurs permet d'insolubiliser les protéines contenues dans les parties molles des larves, entraînant principalement deux effets :

- d'une part une concentration des protéines essentiellement dans la fraction solide lors de l'étape de séparation physique ultérieure,
- d'autre part, une augmentation du taux de phase lipidique (ou « huile libre ») déjà obtenu en réduisant les liaisons protéines/huile.

[0022] La dilution est également une étape optionnelle du procédé selon l'invention. Elle permet de faciliter la séparation des nutriments, et en particulier des huiles, avant l'étape de séparation physique.

[0023] De manière avantageuse, une fraction de la phase liquide essentiellement aqueuse peut être réintroduite dans la pulpe en amont de l'étape de séparation avec un taux de dilution de 2 : 1 à 1 : 4, préférentiellement de l'ordre de 1 : 3. Cette réintroduction de la phase liquide essentiellement aqueuse permet d'augmenter les performances de séparation, d'éliminer les éventuelles traces d'huile présentes dans cette fraction liquide. Elle permet aussi de réaliser des économies d'énergie en utilisant de l'eau déjà chaude et en évitant un apport d'eau externe au procédé qu'il faudrait ensuite éliminer lors du séchage.

[0024] Par taux de dilution, on entend, au sens de la présente invention, le rapport volumique entre le volume de pulpe larvaire par rapport au volume d'eau réintroduite dans la pulpe en amont de l'étape de séparation.

[0025] L'étape de séparation physique peut être réalisée par centrifugation. On peut également réaliser cette séparation physique par tout autre procédé de séparation adapté, notamment par filtration ou décantation.

[0026] L'étape de séparation physique permet de séparer les différents flux de nutriments contenus dans les larves. Lorsqu'on procède par centrifugation, cette séparation des flux de nutriments est obtenue à l'aide de la force centrifuge qui permet la séparation des nutriments grâce la différence de densité des différents constituants des larves.

[0027] A l'issue de l'étape de séparation physique, on extrait la phase lipidique en vue de son exploitation ultérieure.

[0028] La dernière étape du procédé selon l'invention est une étape de séchage de la phase solide. Le séchage augmente le pourcentage massique en éléments nutritifs dans le produit sec et améliore la stabilité du produit lors des phases de stockage et transport. Ce séchage peut par exemple être réalisé entre 40°C et 100°C, et de préférence entre

60°C et 90°C.

- [0029] De manière avantageuse, tout ou une fraction de la phase liquide peut être envoyée vers l'étape de séchage avec la phase solide. Le produit sec obtenu à l'issue du séchage est alors refroidi, puis broyé pour obtenir un produit final appelé farine. Le refroidissement peut être par exemple réalisé à l'air libre ou à l'aide d'eau froide (c'est-à-dire en dessous de 20°C).
- [0030] La présente invention a encore pour objet des farines enrichies en protéines susceptibles d'être obtenues par le procédé de l'invention.
- [0031] D'autres avantages et particularités de la présente invention résulteront de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux figures annexées :
- [0032] [fig.1] est une photographie montrant des larves fraîches avant traitement selon le procédé de l'invention ;
- [0033] [fig.2] est une photographie montrant le dispositif de chauffage (bain chaud) utilisé pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;
- [0034] [fig.3A] est une photographie montrant le dispositif de hachage des larves utilisé pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;
- [0035] [fig.3B] est également une photographie montrant le dispositif de hachage des larves utilisé pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;
- [0036] [fig.4] est une photographie montrant la centrifugeuse utilisée pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;
- [0037] [fig.5] est une photographie montrant l'aspect de la pulpe larvaire (ayant été préalablement soumise à un chauffage à 80°C pendant 5 minutes avant hachage) une fois centrifugée ;
- [0038] [fig.6] montre l'évolution du pourcentage d'huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation, avec un chauffage préalable à différentes températures pendant 5 minutes ;
- [0039] [fig.7] est une photographie montrant l'aspect de la pulpe larvaire (ayant été préalablement soumise à un chauffage à 50°C pendant 15 minutes avant hachage) une fois centrifugée ;
- [0040] [fig.8] montre l'évolution du pourcentage d'huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation, avec un chauffage préalable à 80°C pour différentes durées de chauffage ;
- [0041] [fig.9] montre l'évolution du pourcentage d'huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation, avec un chauffage préalable à 80°C pendant 7,5 minutes et pour lequel on fait varier la concentration de sel de cuisine dans la pulpe larvaire obtenue après hachage et avant centrifugation ;
- [0042] [fig.10] montre l'influence de la dilution sur le taux en huile libre (phase grasse)

obtenue à l'issue de la centrifugation, avec un chauffage préalable à 80°C pendant 15 minutes ;

[0043] [fig.11] montre l'influence du pH sur le taux en huile libre (phase grasse) obtenue à l'issue de la centrifugation, avec un chauffage préalable à 80°C pendant 15 minutes ;

[0044] [fig.12] est une photographie montrant l'influence du pH sur l'aspect de la pulpe larvaire obtenue à l'issue de la centrifugation ayant été préalablement soumise à un chauffage à 80°C pendant 15 minutes ;

[0045] [fig.13] montre l'influence de la durée de la centrifugation sur le taux en huile libre (phase grasse) obtenue à l'issue de la centrifugation, avec un chauffage préalable à 80°C pendant 15 minutes et une centrifugation à 4500 tr/min ;

[0046] [fig.14] montre l'influence de la vitesse de centrifugation sur le taux en huile libre (phase grasse) obtenue à l'issue de la centrifugation, avec un chauffage préalable à 80°C pendant 15 minutes et une durée de centrifugation de 15 minutes ;

[0047] [fig.15] est une photographie montrant les phases obtenues après centrifugation, selon l'art antérieur ;

[0048] Les figures 1 à 14 sont décrites plus en détail au niveau des exemples qui suivent, qui illustrent l'invention sans en limiter la portée.

EXEMPLES

DISPOSITIFS ET INSTRUMENTATION

[0049] Equipement de chauffage (bain chaud) commercialisé par Nickel-Electro, sous la dénomination commerciale Clifton Range (Référence : NE2D series), montré sur la figure 2,

- Hachoir à viande de marque Fresh® (Référence : MH-237) tel qu'illustré sur les figures 3A et 3B,
- Bécher en verre ;
- pH-mètre de marque THERMO® ;
- centrifugeuse de laboratoire de marque BRAND® (JingLi), modèle LD4-2A illustrée sur la figure 4.

PRODUITS DE DEPART

[0050] larves fraîches de mouches *Hermetia illucens* illustrées sur la figure 1 ;

- sel de cuisine ;
 - acide chlorhydrique concentré (HCL fumant à 37%) ;
- eau.

[0051] **EXEMPLES 1 à 7 : obtention de produits enrichis en protéines à partir de larves nourries de déchets organiques, selon un premier mode de réalisation du procédé selon l'invention (jusqu'à l'étape de séparation).**

[0052] Des larves fraîches nettoyées (comme illustrées sur la figure 1) ont été soumises à un procédé de traitement selon l'invention comprenant les étapes suivantes :

chauffage à une température comprise entre 50°C et 90°C : celui-ci a été réalisé en introduisant les laves fraîches dans un b cher, lui-même placé dans un bain chaud (comme illustré sur la figure 2) pendant une durée comprise entre 2 et 30 minutes ;

 mincement/hachage des larves chauff es :

les larves chauff es sont réduites par hachage jusqu'à former une pulpe larvaire constitu e essentiellement de particules fines et homogènes, comme illustr e sur les figures 3A et 3B.

ajout de sel de cuisine (facultatif), par exemple à raison de 1 à 40 g/l de pulpe, et de préférence de 20 à 25 g/l de pulpe ;

ajustement du pH de la pulpe larvaire (facultatif) : cet ajustement peut se faire par ajout d'acide chlorhydrique concentré (HCL fumant à 37%). Le contrôle du pH se fait à l'aide du pH-mètre ;

dilution de la pulpe larvaire (facultative) : des essais de dilution ont été réalisés avec de l'eau claire préalablement chauff e à environ 45-50°C ;

séparation physique par centrifugation de la pulpe larvaire ainsi obtenue, conduisant à l'obtention de trois fractions (comme illustré sur la figure 5):

une fraction grasse,

une fraction essentiellement aqueuse, et

une fraction solide ; la centrifugation a été r alis e à l'aide de la centrifugeuse telle qu'illustr e sur la figure 4, à une vitesse de rotation de 1500 tr/min à 4500 tr/min, ce qui correspond à une force centrifuge comprise entre 430 et 3850 G.

L'aspect de la pulpe larvaire une fois centrifug e est illustré par le tube de la figure 5 (les 3 phases  nonc es ci-dessus) si le traitement est conforme au procédé selon l'invention en termes de conditions opératoires. Dans le cas contraire, on obtiendra l'aspect de la pulpe tel qu'illustré sur la figure 7 (cf. exemple 1) ou figure 15 (cf. exemple comparatif conformément à un procédé connu de l'art antérieur).

On évalue le volume d'huile libre par rapport au volume total de pulpe centrifug e présente dans le tube de la centrifugeuse.

L'influence des différents paramètres de chacune de ces étapes (température et durée du chauffage, pH, taux de dilution, ajout ou non de sel, durée de la centrifugation et vitesse de la centrifugeuse) sur l'efficacité de séparation de l'huile est montr e dans les exemples 1 à 7.

[0053] **EXEMPLE 1 : Influence de la température de chauffage sur le taux d'huile libre obtenu à l'issue de l'étape de séparation physique.**

[0054] Les larves fraiches sont soumises à un traitement selon le procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus, selon les conditions opératoires récapitulées dans le tableau 1 ci-après :

[0055]

[Tableaux1]

Durée du chauffage	dilution	Ajustement du pH	Ajout de sel	Vitesse de centrifugation	Durée de la centrifugation
5 minutes	non	non	non	4500 tr/min	15 minutes

[0056] On teste différentes températures de chauffage entre 50°C et 90°C.

[0057] La figure 6 montre l'évolution du pourcentage d'huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation, suite à un chauffage à différentes températures, pour une durée de chauffage fixée à 5 minutes.

[0058] En particulier, cette figure montre que, pour une température de bain chaud inférieure à 60°C, le pourcentage d'huile libre est nul à l'issue de la centrifugation. En effet, on obtient au lieu des trois phases décrites précédemment, seulement deux phases consistant en une émulsion et une phase solide brune (au fond de l'éprouvette), comme illustré par la figure 7.

[0059] A une température de 80°C, le pourcentage d'huile libre est maximal, de l'ordre de 4,9%. A 90°C, le pourcentage d'huile libre obtenu n'est pas amélioré.

[0060] Par contre, sur la figure 5 (chauffage à 80°C pendant 5 minutes), on peut observer dans le tube de la centrifugeuse 3 phases : une fraction solide (de couleur brune) au fond, une fraction aqueuse au milieu (plus sombre), et une fraction d'huile libre jaune au sommet.

[0061] **EXEMPLE 2 : Influence de la durée du chauffage sur le taux d'huile libre obtenu à l'issue de l'étape de séparation physique.**

[0062] L'exemple 1 a permis de déterminer quelle était la température de chauffage idéale. On soumet alors de nouveau des larves fraîches à un traitement selon le procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus, avec un chauffage dont la température est fixée à 80°C et dont on fait varier la durée entre 2 minutes et 30 minutes.

[0063] Les autres conditions opératoires sont maintenues inchangées. Elles sont récapitulées ci-dessous dans le tableau 2.

[0064] [Tableaux2]

Température de chauffage	dilution	Ajustement du pH	Ajout de sel	Vitesse de centrifugation	Durée de la centrifugation
80°C	non	non	non	4500 tr/min	15 minutes

[0065] La figure 8 montre l'évolution du pourcentage d'huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation, suite à un chauffage à 80°C pour différentes durées.

[0066] En particulier, cette figure montre que pour une durée de chauffage de l'ordre de 10 minutes, le pourcentage d'huile libre est maximal (7,2%) à l'issue de la centrifugation. Il descend à moins de 5% pour une durée de chauffage inférieure à 2 minutes ou supérieure à 12,5 minutes.

[0067] **EXEMPLE 3 : Influence de l'ajout de sel de cuisine dans la pulpe larvaire sur le taux d'huile libre obtenu à l'issue de l'étape de séparation physique.**

[0068] L'exemple 1 a permis de déterminer quelle était la température de chauffage idéale, et l'exemple 2, la durée de chauffage idéale. On soumet de nouveau des larves fraîches à un traitement selon le procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus, avec un chauffage préalable dont la température est fixée à 80°C et la durée est fixée à 7,5 minutes. La vitesse de centrifugation est de 4500 tr/min pour une durée de centrifugation de 15 minutes.

[0069] On fait varier la concentration de sel de cuisine dans la pulpe larvaire (obtenue après hachage et juste avant la centrifugation) de 0 g/l de pulpe larvaire à 40,9 g/l.

[0070] Les autres conditions opératoires sont maintenues inchangées et sont récapitulées ci-dessous dans le tableau 3.

[0071] [Tableaux3]

Température de chauffage	Durée du chauffage	dilution	Ajustement du pH	Vitesse de centrifugation	Durée de la centrifugation
80°C	7,5 minutes	non	non	4500 tr/min	15 minutes

[0072] Les résultats sont exprimés par rapport à un échantillon de référence, traité selon les conditions opératoires du tableau 3, sans ajout de sel (0 g/l). Les résultats de la figure 9 présentent le pourcentage de volume d'huile supplémentaire (gain) obtenu grâce à l'ajout de sel, par rapport au volume d'huile obtenu sans ajout de sel.

[0073] D'après la figure 9, le pourcentage d'huile libre supplémentaire est maximal (2,3%) à l'issue de la centrifugation pour un ajout de sel de l'ordre de 23,4 g/l.

[0074] **EXEMPLE 4 : Influence de la dilution sur le taux en huile libre obtenu à l'issue de l'étape de séparation physique.**

[0075] On soumet de nouveau des larves fraîches à un traitement selon le procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus, avec un chauffage dont la température est fixée à 80°C et la durée est fixée à 15 minutes. La vitesse de centrifugation est de 4500 tr/min pour une durée de centrifugation de 15 minutes. Dans cet exemple, il n'y a pas d'ajout de sel de cuisine.

[0076] On fait varier le taux de dilution dans la pulpe larvaire de 2 : 1 à 1 : 4, les autres conditions opératoires étant maintenues inchangées. Elles sont récapitulées ci-dessous

dans le tableau 4. Le taux de dilution est le rapport volumique entre le volume de pulpe larvaire par rapport au volume d'eau claire chauffée à environ 45-50 °C rajoutée avant la centrifugation.

[0077] [Tableaux4]

Température de chauffage	Durée du chauffage	Ajout de sel	Ajustement du pH	Vitesse de centrifugation	Durée de la centrifugation
80°C	15 minutes	non	non	4500 tr/min	15 minutes

[0078] Les résultats sont exprimés par rapport à un échantillon de référence, traité selon les conditions opératoires du tableau 4, sans dilution. Les résultats de la figure 10 présentent le pourcentage de volume d'huile supplémentaire (gain) obtenu grâce à la dilution, par rapport au volume d'huile obtenu sans dilution.

[0079] La figure 10 montre l'effet de la dilution sur le pourcentage d'huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation. D'après la figure 10, le gain en huile libre est maximal (6,1%) à l'issue de la centrifugation pour un taux de dilution de 1 : 3.

[0080] **EXEMPLE 5 : Influence du pH de la pulpe larvaire sur le taux en huile libre obtenu à l'issue de l'étape de séparation physique.**

[0081] On soumet de nouveau des larves fraîches à un traitement selon le procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus, avec un chauffage dont la température est fixée à 80°C et la durée est fixée à 15 minutes. La vitesse de centrifugation est de 4500 tr/min pour une durée de centrifugation de 15 minutes. Dans cet exemple, il n'y a pas d'ajout de sel de cuisine, ni dilution.

[0082] On fait varier le pH dans la pulpe larvaire de 3 à 5,5. Les autres conditions opératoires sont maintenues inchangées et sont récapitulées ci-dessous dans le tableau 5.

[0083] [Tableaux5]

Température de chauffage	Durée du chauffage	Ajout de sel	dilution	Vitesse de centrifugation	Durée de la centrifugation
80°C	15 minutes	non	non	4500 tr/min	15 minutes

[0084] La figure 11 montre l'effet du pH sur le gain en huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation, suite à un chauffage à 80°C et une durée de 15 minutes, par rapport à un échantillon de référence traité selon les conditions du tableau 5 et qui a un pH de 7,5.

[0085] D'après la figure 11, le gain en huile libre est maximal (1.9%) à l'issue de la centrifugation pour un pH de 3,35.

[0086] Après l'ajustement du pH, la viscosité de la pulpe larvaire diminue indiquant la réduction des liaisons entre les protéines et l'huile.

[0087] La diminution du pH a pour effet d'éclaircir la couleur et la transparence de la fraction aqueuse, ce qui signifie qu'il y a un transfert de matières (protéines, matières solides) de la fraction aqueuse vers la fraction solide. La figure 12 montre le tube de gauche avec les 3 phases sans ajustement de pH, et le tube de droite avec un pH ajusté (inférieur à 7,5).

[0088] **EXEMPLE 6 : Influence de la durée de la centrifugation sur le taux d'huile libre obtenu à l'issue de l'étape de séparation physique.**

[0089] On soumet de nouveau des larves fraîches à un traitement selon le procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus, avec un chauffage dont la température est fixée à 80°C et la durée est fixée à 15 minutes. La vitesse de centrifugation est de 4500 tr/minute. Dans cet exemple, il n'y a pas d'ajout de sel de cuisine, ni dilution, ni ajustement de pH.

[0090] On fait varier la durée de la centrifugation entre 5 à 40 minutes, les autres conditions opératoires étant maintenues inchangées. Elles sont récapitulées ci-dessous dans le tableau 6.

[0091] [Tableaux6]

Température de chauffage	Durée du chauffage	Ajout de sel	dilution	Ajustement du pH	Vitesse de centrifugation
80°C	15 minutes	non	non	non	4500 tr/min

[0092] La figure 13 montre l'effet de la durée de la centrifugation sur le pourcentage d'huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation. D'après la figure 13, on obtient les meilleurs résultats (7,9%) avec une durée de centrifugation de 30 minutes.

[0093] **EXEMPLE 7 : Influence de la force centrifuge sur le taux d'huile libre obtenu à l'issue de l'étape de séparation physique.**

[0094] On soumet de nouveau des larves fraîches à un traitement selon le procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus, avec un chauffage dont la température est fixée à 80°C et la durée est fixée à 15 minutes. La durée de la centrifugation est fixée à 15 minutes comme dans les exemples 1 à 5. Dans cet exemple, il n'y a pas d'ajout de sel de cuisine, ni dilution, ni ajustement de pH.

[0095] .On fait varier la vitesse de centrifugation entre 1500 tr/min et 4500 tr/min (ce qui correspond à une force centrifuge de 430 G à 3850 G environ), les autres conditions

opératoires étant maintenues inchangées. Elles sont récapitulées ci-dessous dans le tableau 7.

[0096] [Tableaux7]

Température de chauffage	Durée du chauffage	Ajout de sel	dilution	Ajustement du pH	Durée de centrifugation
80°C	15 minutes	non	non	non	15 minutes

[0097] La figure 14 montre l'effet de la force centrifuge sur le pourcentage d'huile libre (phase grasse) obtenu à l'issue de la centrifugation. D'après la figure 14, plus la force centrifuge est élevée, meilleure est l'efficacité de la séparation en trois phases.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'obtention de farines enrichies en protéines à partir de larves utilisées pour la bioconversion de déchets organiques, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :
- une étape de fourniture de larves préalablement nettoyées constituant un mélange nutritif initial de larves fraîches ;
 - une étape mécanique de réduction de la taille des larves, conduisant à la formation d'un mélange nutritif sous forme de pulpe larvaire ;
 - une étape de séparation physique dudit mélange nutritif sous forme de pulpe larvaire, conduisant à l'obtention d'une phase lipidique, d'une phase liquide riche en protéines et contenant majoritairement de l'eau, et d'une phase solide riche en protéines ;
 - une étape de séchage de la phase solide ;
 - une étape de refroidissement du produit séché ainsi obtenu, suivie d'un broyage fin pour obtenir une farine ;
 - ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de chauffage réalisée avant l'étape de réduction mécanique de la taille des larves et à une température comprise entre 60°C et 90°C.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel le chauffage est réalisé à une température comprise entre 70 et 90°C, et de préférence à 80°C.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel le chauffage est réalisé pendant une durée d'au moins 2 minutes, de préférence pendant une durée comprise entre 5 et 15 minutes, et mieux de l'ordre de 10 minutes.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel l'étape de chauffage est réalisée par immersion dans l'eau chaude.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque de revendications 1 à 4, dans lequel la taille des larves est comprise entre 1 et 5 mm, à l'issue de l'étape mécanique de réduction de la taille.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque de revendications 1 à 5, dans lequel l'étape de séparation physique est réalisée par centrifugation.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque de revendications 1 à 6, dans lequel les

larves sont des larves de mouches *Hermetia illucens* ou *Tenebrio molitor*.

- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel du sel contenant du chlorure d'un métal alcalin, préférentiellement du NaCl, est rajouté dans la pulpe en amont de la phase de séparation physique à raison de 1 à 40 g/l de pulpe.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel du NaCl est rajouté dans la pulpe en amont de la phase de séparation à raison de 20 à 25 g/l de pulpe.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le pH de la pulpe est ajusté en amont de la phase de séparation pour être compris entre 3 et 5,5, et de préférence pour être de l'ordre de 4,5.
- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel une fraction de la phase liquide est réintroduite dans la pulpe en amont de la phase de séparation avec un taux de dilution de 2 : 1 à 1 : 4, préférentiellement de l'ordre de 1 : 3.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel tout ou une fraction de la phase liquide est envoyée vers l'étape de séchage avec la phase solide.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel à l'issue de l'étape de séparation physique, on extrait la phase lipidique en vue de son exploitation ultérieure.

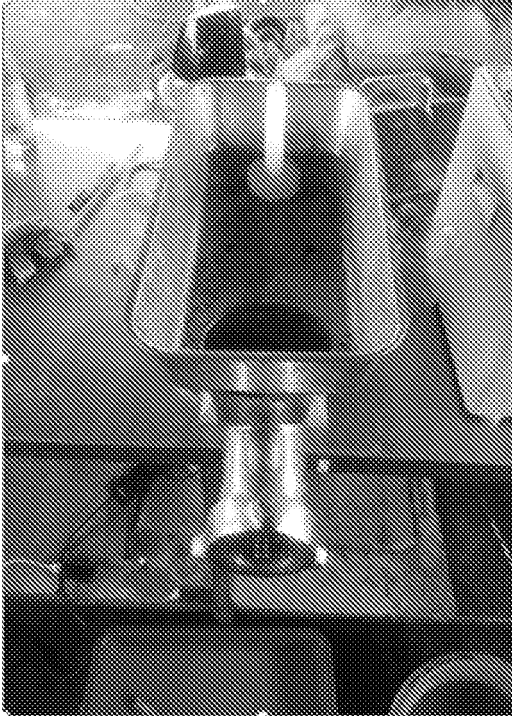
[Fig. 1]



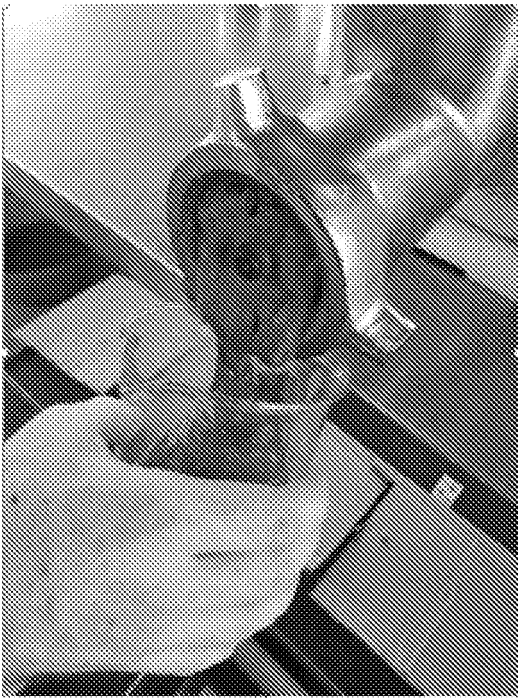
[Fig. 2]



[Fig. 3A]



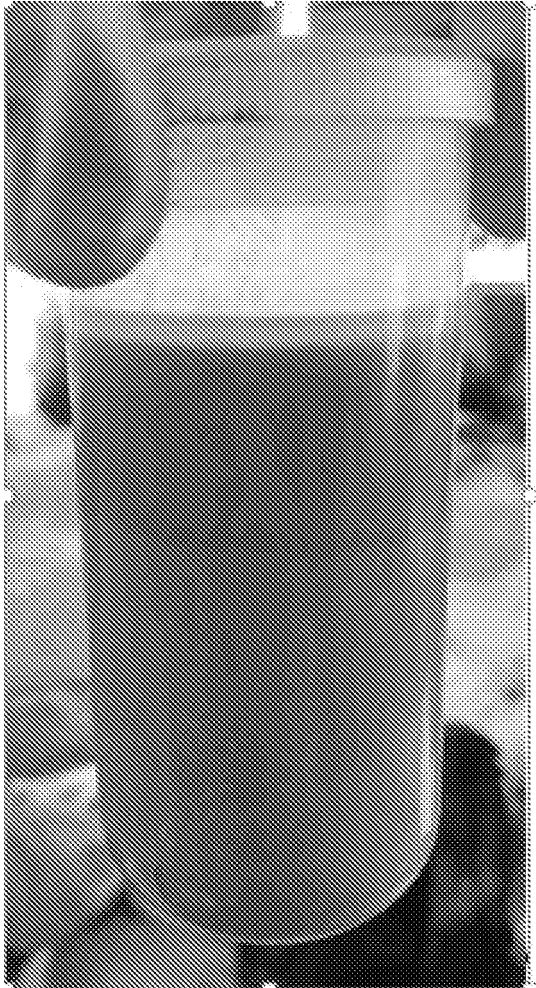
[Fig. 3B]



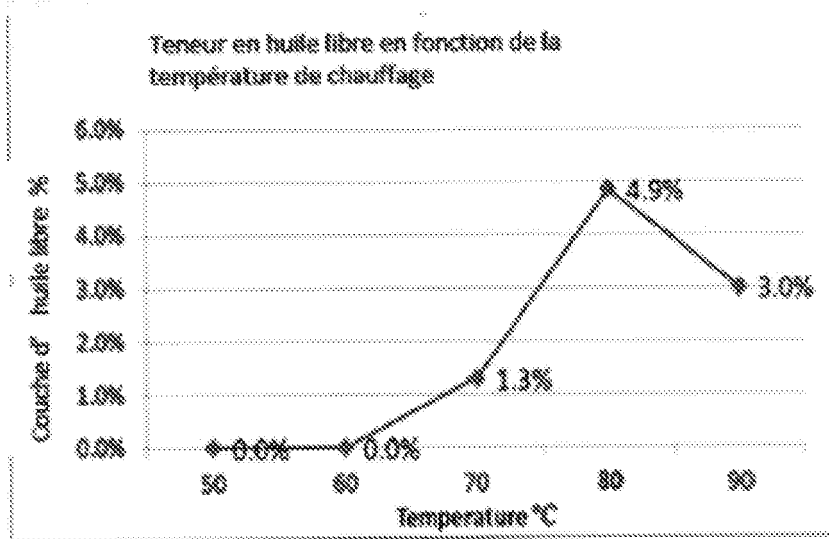
[Fig. 4]



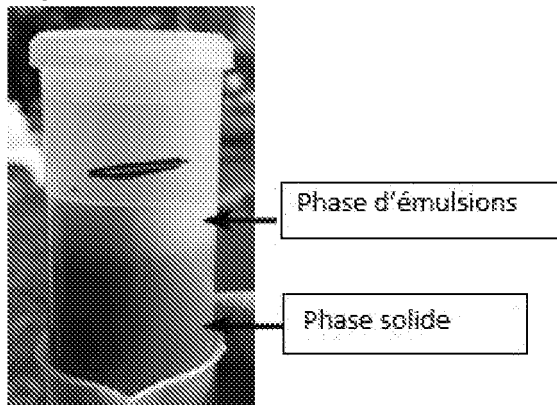
[Fig. 5]



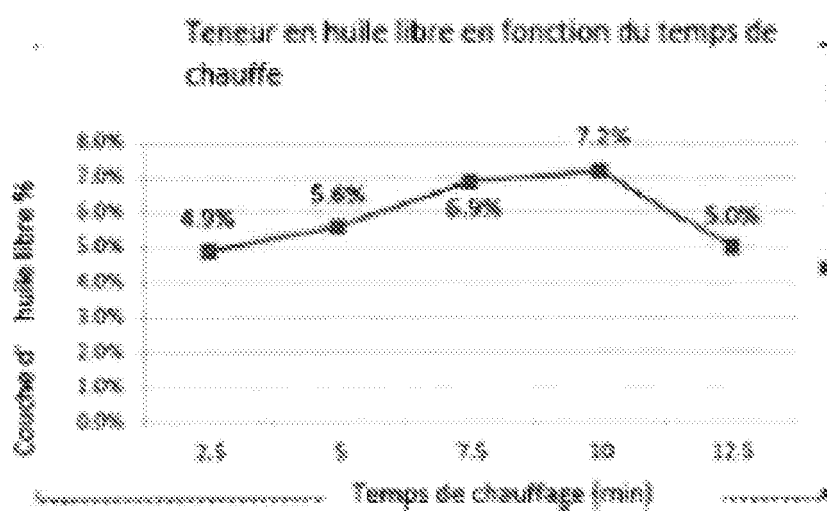
[Fig. 6]



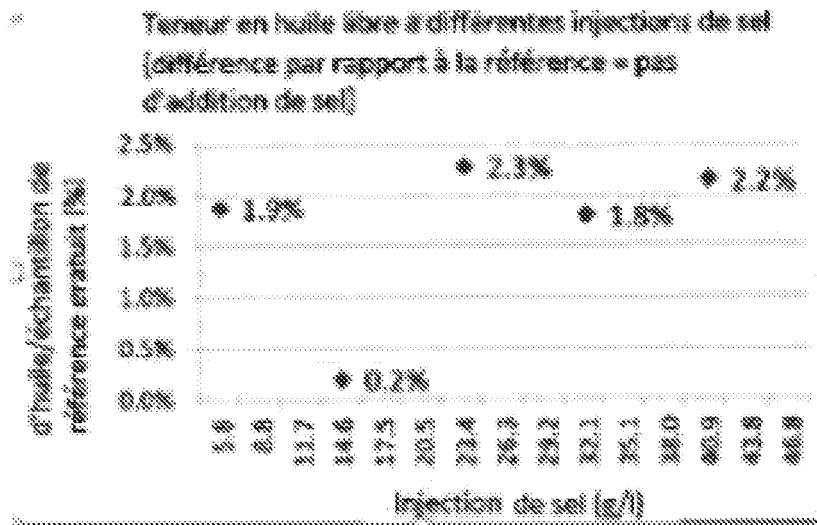
[Fig. 7]



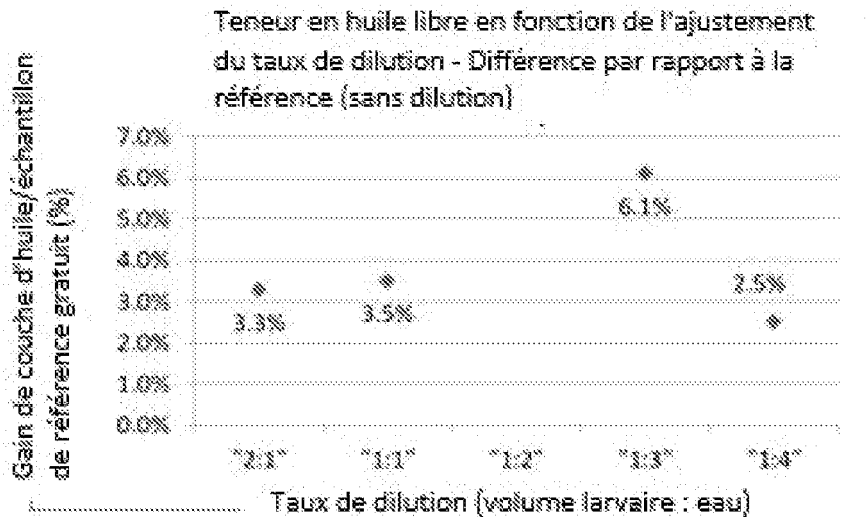
[Fig. 8]



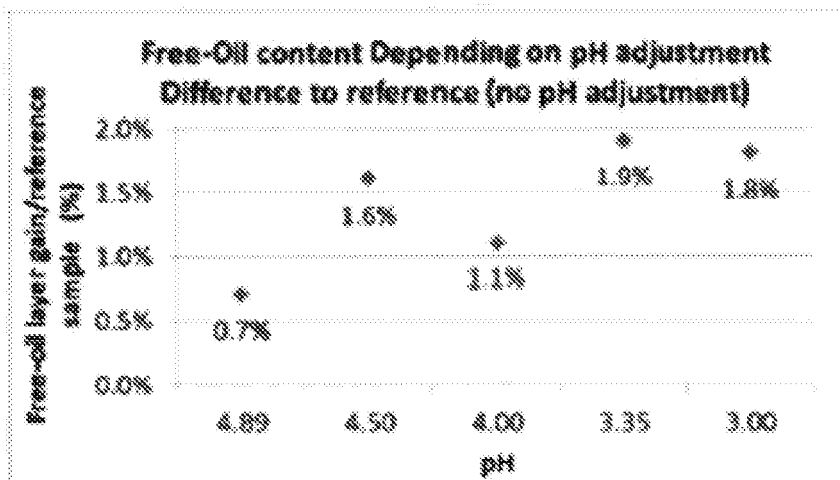
[Fig. 9]



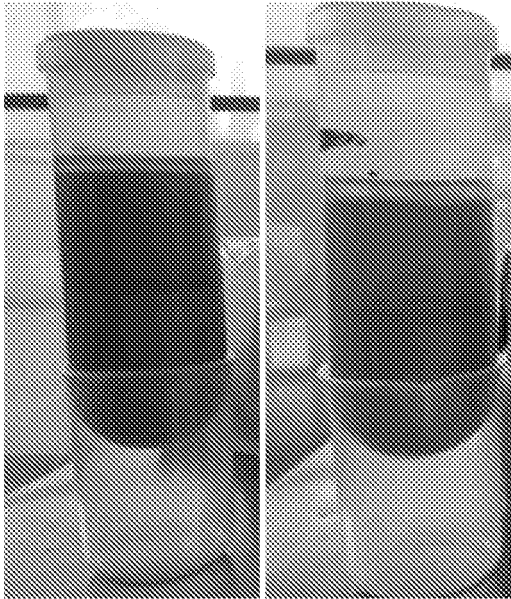
[Fig. 10]



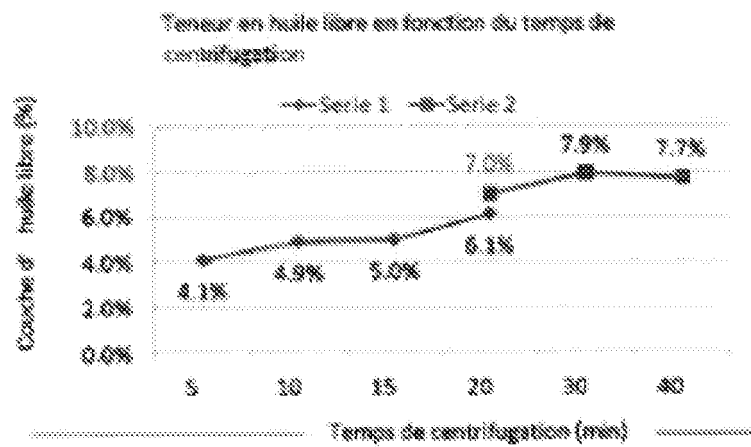
[Fig. 11]



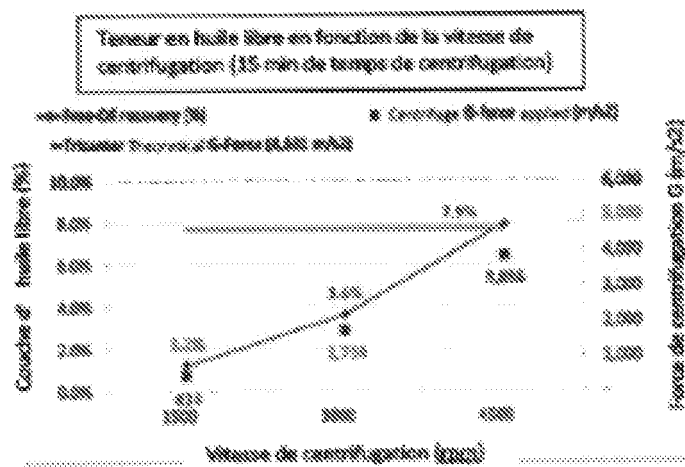
[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]



[Fig. 15]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 2015/374005 A1 (ARSIWALLA TARIQUE [NL]
ET AL) 31 décembre 2015 (2015-12-31)

RU 2 687 367 C1 (FED GOSUDARSTVENNOE
UCHREZHDENIE FED ISSLEDOVATELSKIJ TSENTR
FUNDAMENT) 13 mai 2019 (2019-05-13)

EP 3 078 277 A1 (KRAUSS STEFAN [DE])
12 octobre 2016 (2016-10-12)

FR 3 060 947 A1 (YNSECT [FR])
29 juin 2018 (2018-06-29)

CN 100 355 355 C (UNIV SHANDONG
AGRICULTURE [CN])
19 décembre 2007 (2007-12-19)

GONZÁLEZ CRISTINA M ET AL: "Insects as
ingredients for bakery goods. A comparison
study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T.*
molitor flours",
INNOVATIVE FOOD SCIENCE AND EMERGING
TECHNOLOGIES, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL,
vol. 51, 21 mars 2018 (2018-03-21), pages
205-210, XP085590652,
ISSN: 1466-8564, DOI:
10.1016/J.IFSET.2018.03.021

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT