

REVUE DES METHODES DE FABRICATION DES CONCENTRES PROTEIQUES ET HUILES DE POISSON

I. Introduction.

—De longue date, le problème de la matière première non-utilisée provenant des diverses industries de la pêche s'est posé. Cette matière première est constituée de déchets de conserverie et de captures excédentaires ou non commercialisées. —

C'est au début du XIX^e siècle, en Amérique du Nord et en Europe septentrionale qu'a commencé à se développer la transformation de ces produits à partir de harengs.

La fabrication était surtout orientée vers la production d'huile, qui trouvait des débouchés industriels, dans les savonneries par exemple. Les résidus étaient utilisés comme engrais. Ensuite, ils ont été séchés et broyés en farine, pour la nourriture animale.

Actuellement, la fabrication de concentrés protéiques de poissons répond à d'autres préoccupations : une préoccupation économique, visant à diminuer ou éviter un énorme gaspillage de protéines et à en tirer parti, et une préoccupation « sociale », venant compléter la précédente : le besoin grandissant de protéines dans un monde où la population va sans cesse croissant.

Le champ des matières premières susceptibles d'être transformées en concentrés protéiques s'est alors élargi, et l'on a développé la pêche de poissons dits industriels, qui, actuellement, ne sont pas commercialisables comme aliments directs de l'homme. Il en va de même avec les captures d'espèces nouvellement connues qui, indépendamment de leurs faibles qualités organoleptiques, sont trop petits, trop fragiles ou se prêtent mal à une exploitation rentable (stockage, étêtage, éviscération...).

Les produits obtenus à partir de ces diverses matières premières peuvent se classer en deux grandes catégories : les aliments protéiques (poudres, farines et hydrolysats) et les produits non alimentaires (industriels, pharmaceutiques, biologiques...).

II. Matière première.

Les poissons servant à la transformation en aliments protéiques, farines ou hydrolysats se classent en plusieurs catégories.

a) *Poissons entiers*, pêchés dans le seul but de fabriquer de tels produits ; c'est le cas pour le Pérou (Anchois), la Norvège (Hareng), les U.S.A. (Menhaden)...

b) *Faux poissons*. On désigne sous ce nom des poissons non commercialisables en l'état soit

parce qu'ils sont blessés ou abîmés, soit parce qu'ils appartiennent à des espèces non consommées actuellement.

Toutefois dans ce cas, et notamment pour certaines espèces nouvelles, pêchées dans les grands fonds, et se prêtant mal au travail habituel du poisson ou ayant un aspect peu attrayant au plan commercial, la technologie actuelle permet une utilisation pour l'alimentation humaine directe. Ces poissons sont filetés, hachés ou passés dans un séparateur d'arêtes, puis reconstitués et restructurés, sous forme de steacks par exemple.

Espèces de poisson	Protéines (%)	Lipides (%)	Cendres (%)	Eau (%)
<i>Gadidés</i>				
Morue	16	3	3	79
Morue polaire	16	5,5	3	77
Merlu d'Afrique du Sud	17	2	3	79
Tacaud norvégien	16	5,5	3	73
<i>Clupéidés</i>				
Anchoveta	18	6	2,5	78
Hareng de printemps	18	8	2	72
Hareng d'hiver	18,2	11	2	70
Pilchard d'Afrique du Sud	18	9	3	69
Anchois d'Afrique du Sud	17	10	3	70
<i>Scombridés</i>				
Maquereau de printemps, mer du Nord	18	5,5	1,6	75
Maquereau d'automne, mer du Nord	15	27	1,4	56,5
Chinchard de la mer du Nord	16	17	3,8	62,7
Chinchard d'Afrique du Sud	17	8	4	72
<i>Elasmobranches (requins)</i>				
Aiguillat	19	8,9	2,3	70
<i>Salmonidés</i>				
Capelan de Norvège	14	10	2	75

TABL. 1. — Composition du poisson entier ; valeur moyenne sur plusieurs années (d'après FAO, DT, 142).

c) *Déchets provenant des industries de transformation.* Ces déchets peuvent être des viscères, des déchets de filetage, des déchets de conserveries (déchets cuits), des déchets salés provenant de saurseries ou tous autres types de déchets, par exemple des carapaces de langouste en Afrique du Sud. A titre d'exemple, on peut estimer que les opérations d'ététagage et d'éviscération peuvent donner 25 à 35 % de déchets, le filetage pouvant en produire 50 % et plus.

La composition, et donc la qualité des produits obtenus (farines ou hydrolysats), dépend de cette matière première. Il importe avant tout que le produit de départ, comme pour toute autre utilisation destinée directement à l'homme, soit traité dans le plus grand état de fraîcheur.

Rappelons que du point de vue de leur composition, les poissons peuvent être classés en deux grands groupes : les poissons maigres et les poissons gras. L'exemple type des poissons maigres

est le cabillaud, et les autres gadidés : merlan, lieu noir, églefin, lingue, tacaud. Leurs muscles ne contiennent que de 0,1 à 5 % de matières grasses, la réserve principale se situant dans le foie.

Chez les poissons gras, la graisse se dépose dans le muscle et peut atteindre des teneurs variant de 2 % à près de 30 %. Parmi ceux-ci, citons les clupéidés qui comprennent entre autres la sardine, le sprat, le hareng, l'anchois, les scombridés et thonidés, c'est-à-dire le maquereau et toutes les espèces de thons. Certaines espèces de salmonidés (capelans de Norvège) et de crustacés sont aussi utilisés pour la fabrication de farines.

Le tableau 1 donne les compositions de quelques espèces utilisées pour la préparation de farines. Les poudres, les farines ou les hydrolysats obtenus sont tous des concentrés protéiques selon une terminologie assez employée. Ces produits sont plus ou moins riches en protéines, et les protéines elles-mêmes sont plus ou moins dégradées selon le mode de préparation. Le principe commun à toutes les méthodes est de séparer l'eau, les protéines et les lipides. Deux problèmes principaux se posent. Les lipides d'origine marine sont très insaturés et les risques d'oxydation, donc de dégradation, sont importants. D'autre part, la dégradation des protéines, par le biais de la formation de polypeptides peut provoquer la formation de gommages.

III. Farines de poisson.

La préparation de farines de poisson comprend quatre étapes essentielles qui sont le chauffage ou cuisson, le pressage, le séchage et le broyage (fig. 1).

Après hachage pour les plus gros individus, les poissons ou déchets sont amenés jusqu'au cuiseur. La masse cuite et coagulée est acheminée jusqu'à la presse. On obtient alors une phase solide, le gâteau de presse ou fishcake et les jus ou eaux de presse.

Le gâteau de presse est déchiqueté, séché et broyé finement. Les eaux de presse passent dans un décanteur qui élimine les solides en suspension, lesquels sont ajoutés au gâteau de presse. La phase liquide obtenue est séparée par centrifugation en huile et en eau. L'huile est clarifiée et stockée.

Les eaux résiduaires sont alors concentrées. On obtient des solubilisés de poisson condensés, encore nommés fish solubles. Ces produits peuvent être vendus tels quels, ou ajoutés au gâteau de presse pour obtenir une farine dite entière.

Etapes de fabrication.

Cuisson.

La cuisson a pour but, en coagulant les protéines, de libérer une grande partie de l'eau liée ainsi que des matières grasses. En outre, la texture du produit cuit fait que cette masse est apte à être pressée efficacement.

En général, la cuisson se fait dans des cuiseurs à vapeur à double paroi, dans lesquels la matière première circule au moyen d'une vis transporteuse. Ce procédé a l'avantage, sur les méthodes à injection directe de vapeur, de ne pas condenser l'eau au sein de la masse, eau qui devra par la suite être extraite par pressage et évaporation.

La cuisson est une opération importante, car c'est d'elle que dépend la quantité d'eau et de lipides issue du produit. C'est également la cuisson qui fera que la pâte obtenue aura ou non une bonne aptitude à être pressée, donc déshydratée et délipidée correctement.

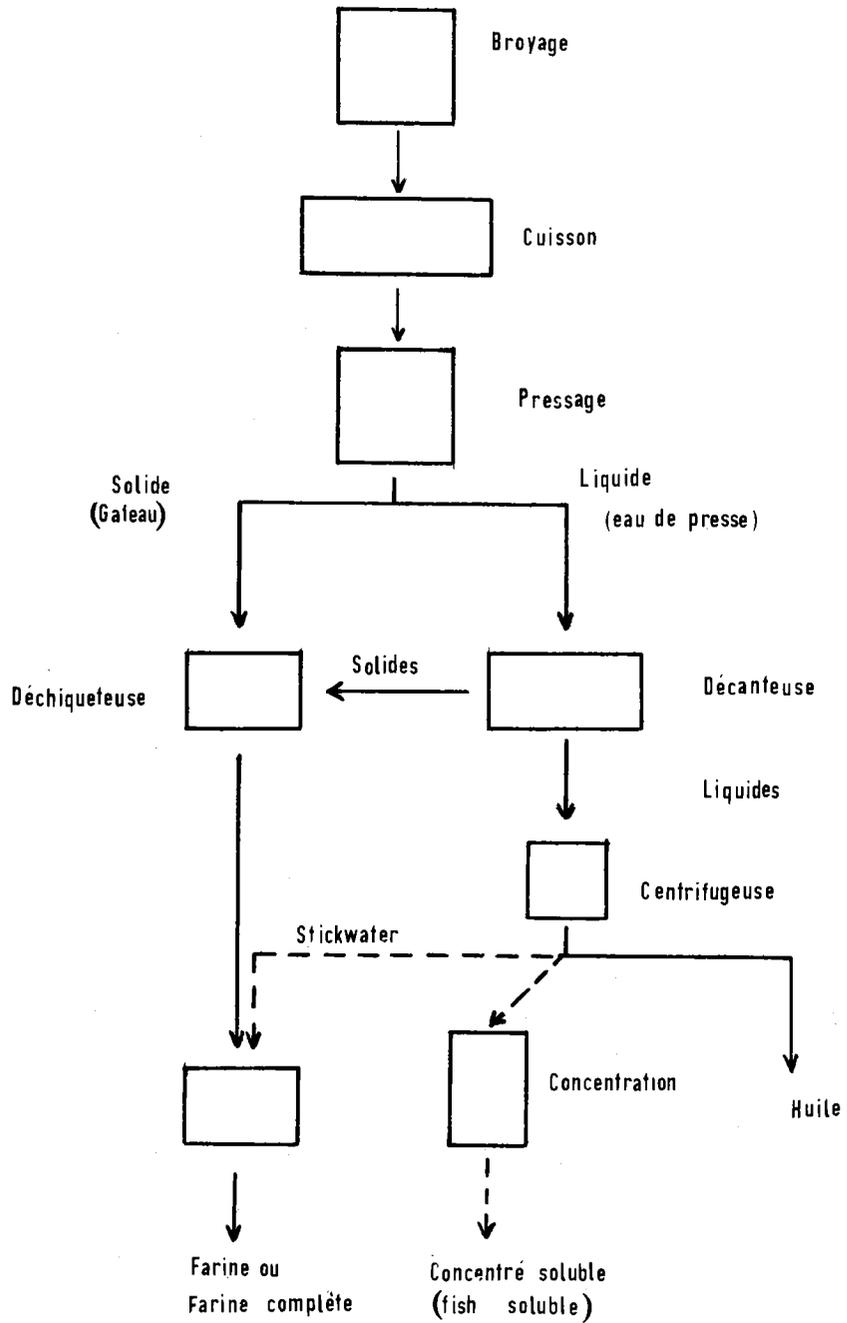


FIG. 1. — Schéma de fabrication d'une farine de poisson.

Il est difficile de donner un programme de cuisson fixe, car celui-ci dépend de la nature de la matière première. Cependant, généralement, on porte la masse broyée à une température de 95° - 100° C en un quart d'heure environ. Pour certains produits, une température de 70° C peut être suffisante.

On fabrique des cuiseurs pouvant traiter d'une dizaine à plus d'un millier de tonnes par 24 heures.

Pressage.

Pour faciliter le travail de pressage, on peut utiliser un filtre à secousse, ou un transporteur à filtre entre le cuiseur et la presse (fig. 2). Il est conseillé d'effectuer le pressage à température suffisamment élevée, afin de diminuer la viscosité des huiles à extraire.

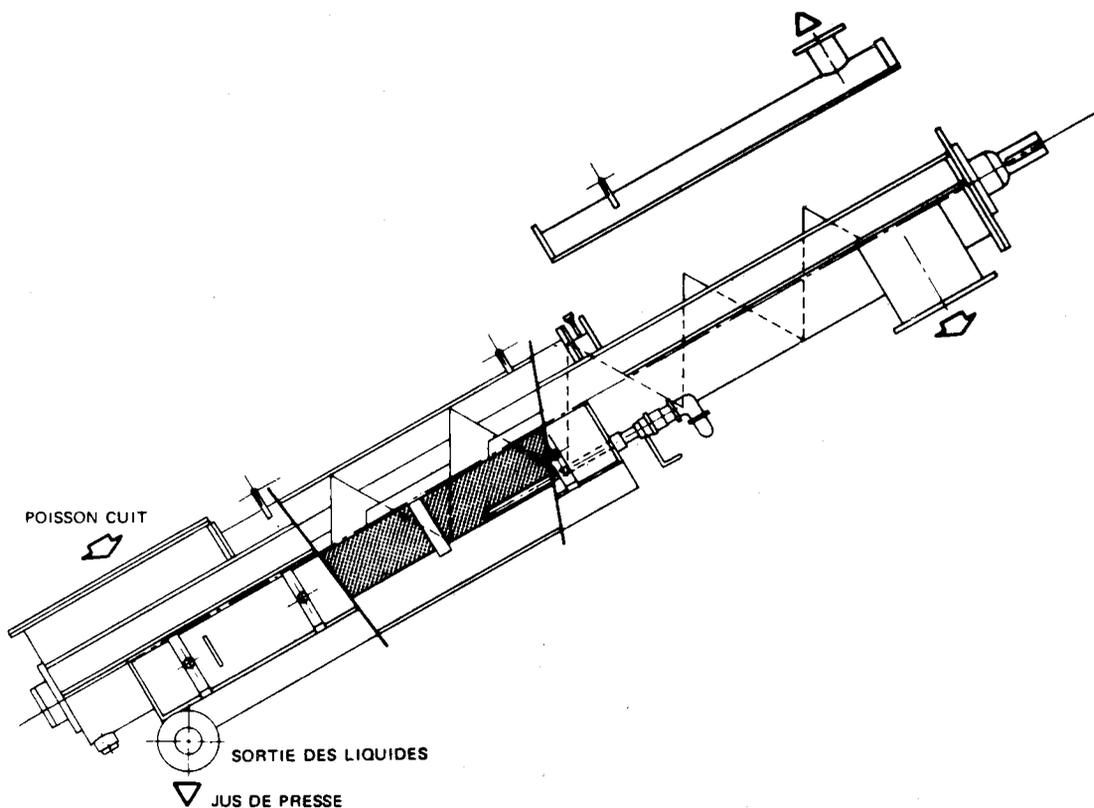


FIG. 2. — Transporteur à filtre (d'après FAO, DT, 142).

On utilise généralement des presses continues à une ou deux vis. Dans la presse à vis jumelées (fig. 3), l'alimentation se fait dans la partie où l'arbre, conique, a le plus faible diamètre et où le pas de la vis est le plus important. Ces vis sont placées dans des cylindres filtrants.

Le pressage pourra être difficile voire défectueux si la cuisson n'a pas été bien menée. En effet, une cuisson trop poussée, ou une matière première détériorée provoque, d'une part, un relâchement ou la rupture du tissu conjonctif et, d'autre part, un dédoublement des liaisons peptidiques avec la formation de chaînes protéiques courtes.

Tout ceci conduit à un gâteau de presse trop mou et à l'obtention d'un jus de presse contenant beaucoup de solides en suspension.

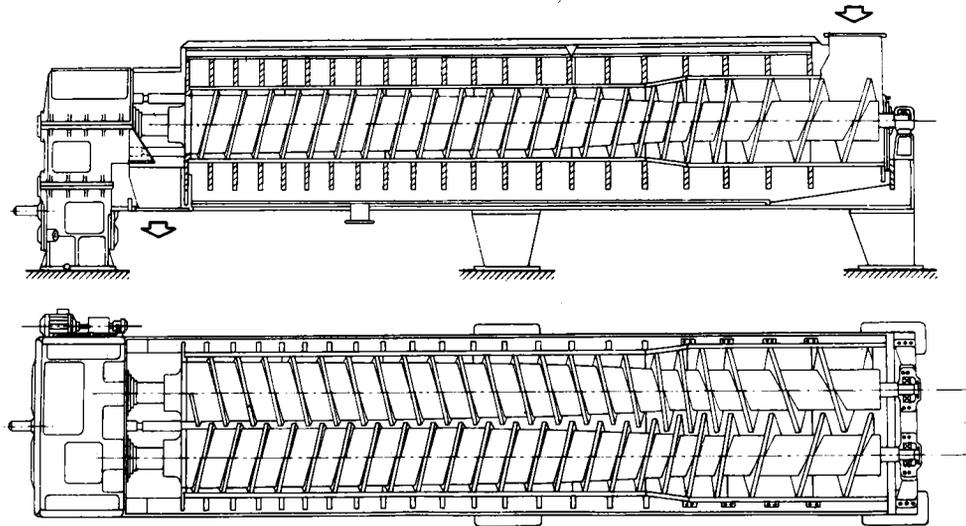


FIG. 3. — Presse à vis jumelées (d'après FAO, DT, 142).

Décantation.

Les jus de presse sont alors décantés en décanteuse horizontale pour séparer les solides en suspension. La séparation se fait par force centrifuge. Il existe des décanteuses pouvant traiter vingt tonnes de jus de presse par heure.

Séparation eau-huile, clarification.

Cette opération s'effectue dans une centrifugeuse verticale à disques. Cet appareillage est constitué principalement d'une série de disques coniques perforés et empilés les uns sur les autres. L'huile plus légère se déplace vers le centre tandis que l'eau est projetée à la périphérie avec les solides qu'elle peut encore contenir en suspension (fig. 4). Les centrifugeuses utilisées peuvent avoir des capacités allant de 500 à 25 000 litres/heure.

L'huile est ensuite clarifiée dans d'autres types de centrifugeuses. L'efficacité de la clarification est fonction de la viscosité et de la densité de l'huile, donc de sa température. En général, il est conseillé de travailler au voisinage de 95° C. On peut également ajouter de l'eau chaude à l'huile afin de faciliter l'extraction des impuretés.

La clarification dépend, en outre, de la force centrifuge de l'appareil. On travaille le plus souvent avec des centrifugeuses à grande vitesse et faible diamètre (5 000 tours/mn, 5 000 g).

Evaporation des eaux.

Les eaux résiduelles (stickwater) sont concentrées en « solubilisés de poisson » ou « fish solubles ». Ces solubilisés sont utilisés tels quels ou ajoutés au gâteau de presse pour obtenir une farine complète. Ces concentrés peuvent contenir 30 à 50 % de matière sèche selon la matière première.

Afin de conserver la valeur de ces solubilisés, il est recommandé de ne pas effectuer l'évaporation au-dessus de 130° C, si l'on veut éviter des pertes en vitamine B 12, ainsi qu'en divers acides aminés : histidine, tryptophane et lysine.

Cette opération se fait dans des évaporateurs à effets multiples (double, triple et quadruple). Le choix se fait surtout selon la capacité de l'usine (30 - 150 T/j, 200 - 400 T/j, plus de 500 T/j). La solution rentre sous pression au premier stade et le concentré sort sous vide au quatrième. Le chauffage se fait à la vapeur et les consommations diminuent selon le nombre de stades (0,6 - 0,4 - 0,3 kg de vapeur par kg d'eau évaporée).

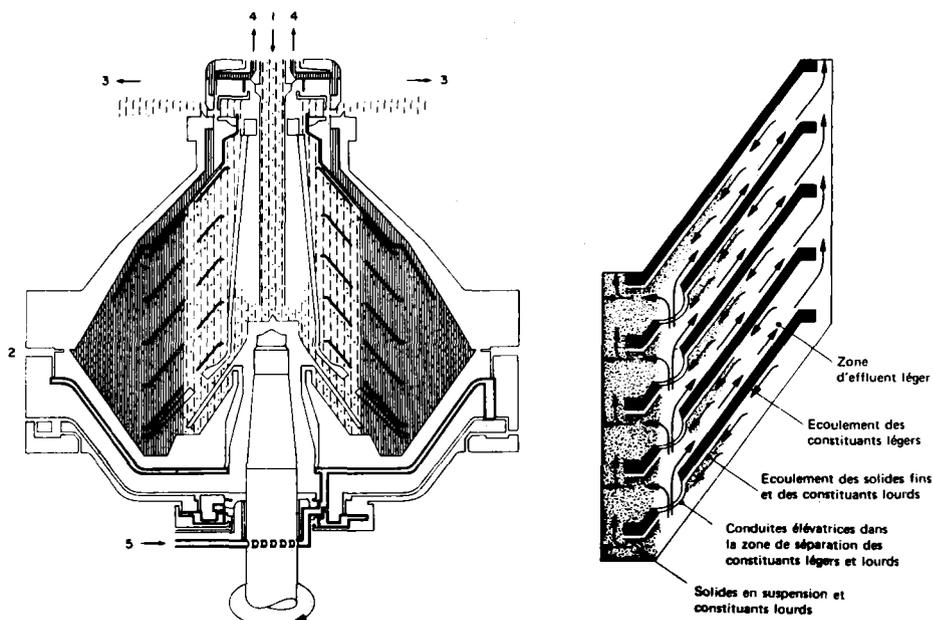


FIG. 4. — Centrifugeuse à disques avec nettoyage automatique (d'après FAO, DT, 142).

L'évaporateur doit être nettoyé périodiquement (soude à 80° et acide nitrique à 60°), car des particules solides se déposent sur les tubes où circule la vapeur et diminuent le rendement des échanges thermiques.

Séchage, broyage.

Après adjonction éventuelle du concentré au gâteau et déchiquetage de l'ensemble, le produit est séché. Cette opération doit être effectuée le plus rapidement possible et la teneur en eau doit descendre à 10 % maximum. Le séchage se fait selon deux principes : chauffage direct ou indirect.

Le séchoir rotatif à chauffage direct est le plus utilisé au monde. La chaleur est fournie par des gaz de combustion mélangés à de l'air, directement au contact de la matière à sécher.

Ce système représente le mode le plus efficace de transfert de chaleur, mais si l'opération n'est pas bien conduite, on peut également contaminer le produit (utilisation de combustibles donnant naissance à des particules de suie, des composés soufrés et azotés) et surtout oxyder la farine et produire des peroxydes dangereux. Afin d'avoir une combustion complète, il est bon d'admettre l'air entre 500 et 600° C. Il faut noter que le produit introduit, froid par rapport à cet air, se refroidissant en outre par l'évaporation ne voit pas sa température excéder les 100° C.

Cet air contribue également au transport de la farine, qui se fait dans un cylindre rotatif, équipé de paliers horizontaux ou hélicoïdaux.

La durée moyenne de passage dans le séchoir est de 10 à 20 mn, en fonction du type de matière première, du réglage du flux d'air, de sa température, etc. On peut également coupler deux séchoirs.

Etant donné les fortes variations de captures de poisson et la nécessité de travailler rapidement, on fabrique des séchoirs pouvant traiter 1 000 t de matière par jour.

Dans les séchoirs à chauffage indirect, la matière entre de façon continue dans l'appareil où elle est séchée par contact avec des éléments chauffés à la vapeur (disques, serpentins, tubes) (fig. 5). La température, donc la pression, de la vapeur est limitée par la résistance des matériaux utilisés. Généralement on travaille à 170° C (6 Atm.) et la durée de séchage peut excéder 30 mn. L'eau d'évaporation est éliminée par aspiration. Ces séchoirs peuvent éliminer 2 à 3 000 kg d'eau à l'heure, ce qui correspond en gros à 300 t de matière à sécher par jour.

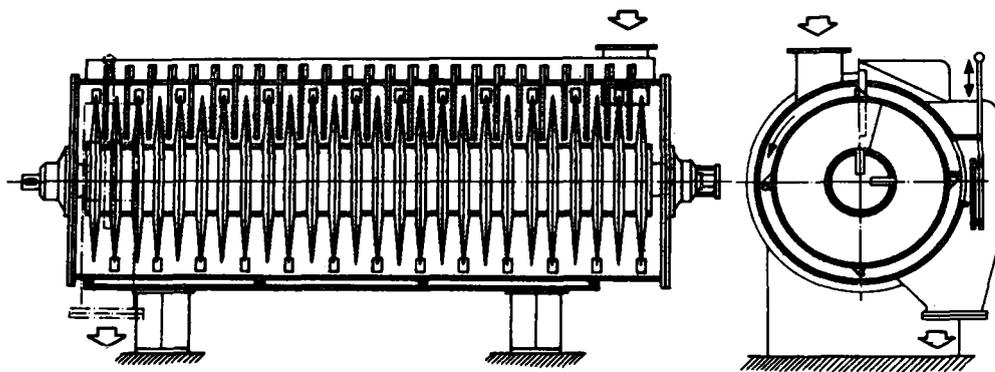


FIG. 5. — Séchoir à disques rotatifs (d'après FAO, DT, 142).

La farine obtenue est broyée et souvent stabilisée au moyen d'antioxydants. L'antioxydant peut être ajouté avant ou après séchage. Elle est entreposée soit en vrac, soit après pesage et ensachage, mais après refroidissement complet et stabilisation. Les sacs sont souvent doublés de polythène qui retarde la pénétration de l'oxygène.

Méthodes spéciales.

Diverses autres méthodes ont été mises au point, soit pour de petites capacités (navires), soit pour produire des farines spéciales.

a) Dans la *méthode centrifuge*, le produit cuit par des gaz de combustion est centrifugé et non plus pressé. On obtient une phase solide et une phase eau-huile-solides en suspension. Cette dernière phase est décantée et centrifugée. Le solide est séché par des gaz de combustion. Ce dispositif, sans chaudière à vapeur et sans évaporation, a cependant l'inconvénient de causer la perte de 20 à 30 % des solides en suspension.

b) *Blocs de fabrication* : ces blocs regroupent toutes les étapes d'une fabrication traditionnelle. Ils sont extrêmement compacts et ont été mis au point pour être utilisés à bord des navires.

c) *Procédés sans cuisson* : ces procédés conviennent particulièrement pour traiter des poissons maigres. Le poisson est séché à la vapeur par chauffage indirect sous vide (méthode Schlotterhose), ou à pression atmosphérique (méthode Vega), ou pressé après ce séchage (Hartman).

d) *Délipidation par solvants*: par ce moyen on peut fabriquer des farines de type A (teneur en graisse inférieure à 0,5 %), qui seraient plus propres à la consommation humaine, bien que les légères odeurs et saveurs rances (type B de teneur en graisse inférieure à 10 %) soient acceptées en de nombreuses régions.

L'extraction peut se faire à sec. La farine et le solvant (éthanol, isopropanol, hexane) sont chauffés de façon à réduire la teneur en huile.

Les extractions peuvent se succéder et le solvant est récupéré. En effet, il faut par exemple quatre litres d'hexane par kilo de farine de menhaden, pilchard ou anchois pour abaisser la teneur en huile de 10 à 1 %.

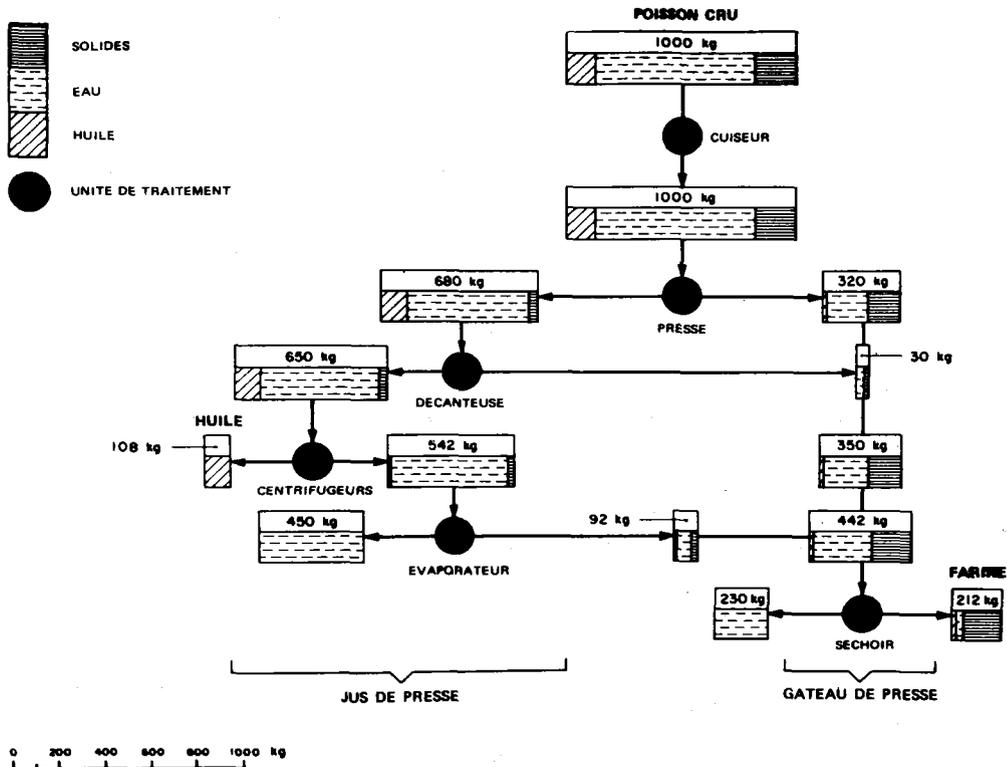


FIG. 6. — Rendements des diverses opérations de fabrication. Bilan matière dans la production de farine de poisson (d'après FAO, DT, 142).

L'extraction par voie humide permet, à partir de poisson frais ou du gâteau de presse, d'extraire l'eau et l'huile. On peut utiliser le tétrachlorure de carbone qui forme un azéotrope avec l'eau à 87,7° C. Ce solvant chloré est éliminé par un autre solvant (éthanol) que l'on récupère ensuite.

e) Le traitement enzymatique et les ensilages seront évoqués ci-après.

Composition, propriétés.

Les rendements en farine se situent aux alentours de 20 %, les rendements en huile étant d'environ 15 % pour des poissons gras (fig. 6).

Les farines de poisson servent de complément protéique dans l'alimentation animale depuis de nombreuses années et sont utilisées comme substituts du lait, et maintenant des poudres de

lait. La composition de la farine varie bien sûr avec l'espèce utilisée mais également avec la date de fabrication (état du poisson) et divers facteurs de fabrication (adjonction des substances solubles). Il est d'usage de procéder à des mélanges de farines pour obtenir une composition assez constante pour des commodités d'utilisation.

La teneur en protéines varie de 60 à 75 %, la teneur en eau et en graisse de 6 à 10 % (2 à 4 % pour une farine de poisson maigre), et les cendres oscillent entre 6 et 18 %. Le tableau 2 donne la composition du produit aux divers stades de la fabrication.

	Eau %	Cendres %	Matières grasses %
Matières premières	70	18	12
Gâteau de presse	53	44	3
Eau de presse	78	6	16
« Stickwater »	95	5	< 1
Concentré soluble	65	33	2
Farine	9	85	6

TABLE 2. — Composition de la farine et des produits intermédiaires (d'après WINDSOR).

Ces produits sont une source de protéine animale recherchée car ils sont riches en acides aminés essentiels qui s'équilibrent parfaitement (tabl. 3).

La plupart des sels minéraux de la matière première reste dans la farine. Certains éléments dont les vitamines liposolubles A et D sont extraits avec l'huile.

Il est souhaitable que la teneur en eau ne dépasse pas une valeur de 10 - 12 %, si l'on veut éviter une altération microbienne. De même, une teneur en graisse trop élevée (supérieure à 15 %) peut provoquer un échauffement à l'entreposage, nuisant ainsi à la qualité finale. Cependant, des teneurs en eau trop faibles vont donner une farine très poussiéreuse, cause d'autres inconvénients (colmatage, tassage, passage à travers les sacs...).

A la sortie du séchage, on observe un échauffement spontané, normal, dû à l'oxydation des lipides insaturés restants. Après quelques jours, la farine est stabilisée. Si l'on ne prend pas garde à ce phénomène, la température peut s'élever jusqu'au point d'inflammation spontanée.

Afin de maîtriser cet échauffement, divers procédés sont utilisés : entreposage en vrac dans des locaux très aérés, déplacement de la farine en vrac d'une partie de l'entrepôt à une autre, stockage en installations étanches à l'air, utilisation de sacs étanches, utilisation d'antioxydants.

On utilise le BHA (butylhydroxyanisole), le BHT (butylhydroxytoluène), le DPPD (diphényl-paraphénylènediamine), l'éthoxyquine. L'adjonction d'oxydant doit être menée soigneusement, en raison de la faible quantité utilisée et de la nécessité d'obtenir un mélange uniforme. Ainsi, 200 ppm (g/T) d'éthoxyquine suffisent à stabiliser la farine de pilchard sud-africain. Le tableau 4 montre l'influence de ces antioxydants (DPPD dans ce cas) sur l'évolution de la température.

En règle générale, une bonne hygiène est nécessaire dans une fabrique de farine de poisson afin de pouvoir fabriquer et stocker dans les meilleures conditions et éviter ainsi des pertes dues notamment aux insectes ou rongeurs.

Acides aminés	Farine de hareng	Farine d'anchois	Farines de pilchard et chinchard	Farines de viscères de thon et divers	Farines de Menhaden	Farine de poisson maigre	Farines de viscères de morue
	g/16gN						
Lysine	7,73	7,75	7,94	7,30	7,56	6,90	6,35
Méthionine	2,86	2,95	2,71	2,75	2,82	2,60	2,85
Cystine	0,97	0,94	0,95	0,79	0,90	0,93	1,25
Tryptophane	1,15	1,20	1,02	1,05	1,07	0,94	0,90
Histidine	2,41	2,43	3,02	3,41	2,32	2,01	1,65
Arginine	5,84	5,82	5,95	6,43	6,04	6,37	6,00
Thréonine	4,26	4,31	4,38	4,34	3,97	3,85	4,10
Valine	5,41	5,29	5,41	5,31	5,10	4,47	4,35
Isoleucine	4,49	4,68	4,48	4,46	4,40	3,70	3,60
Leucine	7,50	7,62	7,30	7,20	7,14	6,48	6,45
Phénylalanine	3,91	4,21	3,91	4,10	3,95	3,29	3,10
Tyrosine	3,13	3,40	3,23	3,28	3,22	2,60	2,45
Acide aspartique	9,10	9,49	9,37	9,30	9,07	8,54	8,95
Sérine	3,82	3,84	4,27	4,18	3,61	4,75	5,70
Acide glutamique	12,77	12,96	12,92	11,93	12,70	12,79	13,15
Proline	4,15	4,17	4,52	5,43	4,58	5,34	7,45
Glycine	5,97	5,62	6,92	8,15	6,78	9,92	13,00
Alanine	6,25	6,31	6,17	6,76	5,94	6,31	7,70
<i>Pourcentage de protéines brutes</i>	73,60	65,40	65,40	53,24	62,01	65,01	62,00
<i>Pourcentage d'humidité</i>	6,93	8,01	9,00	6,20	8,25	8,49	8,00
<i>Pourcentage de cendres</i>	—	—	—	—	20,92	20,92	27,20

TABL. 3. — Composition des farines de poisson en acides aminés totaux ; valeurs moyennes (d'après FAO. DT. 142).

Temps	1 H	4 H	8 H	24 H	30 H
Températ. (°C) échant. témoin	35	50	64,5	88	71
Températ. (°C) échant. traité	32	34	35,5	43	33

TABL. 4. — Influence des antioxydants

Les différents facteurs d'appréciation de farine portent sur la granulométrie, la couleur et la composition chimique (azote total, volatil, graisses, analyse d'acides aminés, digestibilité, etc.).

Pollutions dues à ces fabrications.

Les constituants malodorants proviennent principalement des séchoirs, le reste étant imputable aux cuiseurs et aux presses, et sont provoqués par la décomposition bactérienne et enzymatique du poisson cru, et des produits formés au séchage.

L'épuration des effluents gazeux peut se faire dans des tours à surface mouillée, où par condensation, on peut réduire le volume des gaz de 40 %. Le contact avec l'eau peut être indirect si l'on veut récupérer l'eau.

Les vapeurs non condensables peuvent être oxydées au chlore ou au permanganate, ce dernier étant d'un prix beaucoup plus élevé. On utilise en général du chlore sous forme gazeuse. Il faut ensuite éliminer toute trace de chlore dans les vapeurs traitées. Ces vapeurs peuvent également être brûlées à haute température (750° C pendant quelques secondes) dans les chaudières par exemple.

Enfin, une méthode de combustion catalytique est à l'essai. Les substances volatiles sont décomposées à 350 - 400° C en présence de platine ou d'oxydes métalliques. La rentabilité de tels procédés n'est pas encore bien établie.

Les effluents liquides proviennent du pompage de l'eau servant à décharger la matière première, ainsi que du lavage du matériel. Diverses méthodes d'épuration existent : passage sur épaississants, réservoirs de décantation, floculation, flottation et centrifugation.

IV. Hydrolysats.

La fabrication de farines faisant appel à des techniques qu'on peut qualifier de « brutales » (température, pression...), on a tenté de préparer des concentrés protéiques moins dégradés, de façon plus modérée.

Les diététiciens ont essayé de réaliser par hydrolyse une préparation solubilisée, ayant subi une véritable pré-digestion, par analogie avec ce qui se passe au cours des processus digestifs, sous l'action d'enzymes protéolytiques. On peut distinguer divers types d'hydrolysats.

a) Les hydrolysats chimiques où l'on ajoute des agents acides ou basiques, avec chauffage sous pression.

b) Les autolysats proprement dits, provenant d'une digestion provoquée uniquement par les enzymes préexistants dans l'appareil digestif du poisson.

c) Les hétérolysats dans lesquels on ajoute des enzymes extérieurs au milieu. C'est cette catégorie qui sera étudiée plus en détail.

L'hydrolyse chimique.

Cette hydrolyse chimique opérant ce que l'on appelle le « déclassement des protéines », méthode donne lieu à certains phénomènes désagréables. Ainsi, l'hydrolyse acide décompose partiellement certains aminoacides et détruit totalement le tryptophane. L'hydrolyse alcaline, par contre, détruit en grande partie la cystéine, la cystine, l'arginine et la méthionine.

Cette hydrolyse chimique opérant ce que l'on appelle le « déclassement des protéines », diminue l'efficacité alimentaire du produit obtenu. Il est donc nécessaire de compléter l'hydrolysats au moyen des acides aminés détruits.

L'hydrolyse acide fait généralement appel à l'acide chlorhydrique ou sulfurique. L'avantage de l'utilisation d'acide chlorhydrique est que lors de la neutralisation ultérieure à la soude il se forme du chlorure de sodium, jouant un rôle dans la conservation du produit. L'hydrolyse alcaline se pratique généralement avec de la soude.

La durée de l'hydrolyse chimique est fonction de la concentration de l'acide ou de la base utilisée, de la finesse du broyage préalable, de la température, de la quantité d'eau ajoutée. Ainsi, par exemple, des essais ont montré que pour avoir une hydrolyse alcaline complète, il faut soumettre 100 g de tissus frais à l'autoclave à 120° pendant 10 mn, en présence de 40 cm³ de soude 5 N.

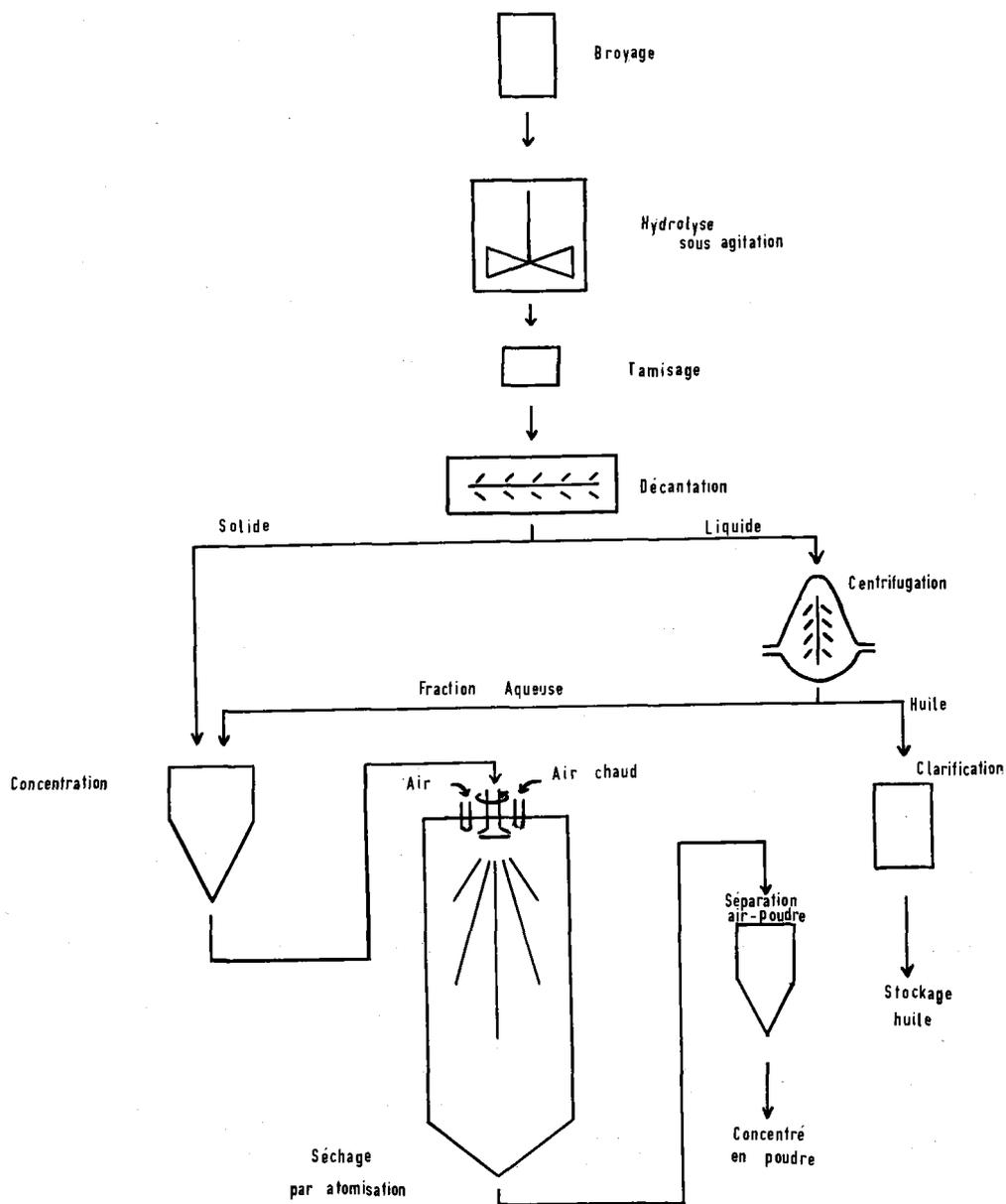


FIG. 7. — Schéma de fabrication de l'hydrolysât.

Hydrolyse enzymatique.

Ce type d'hydrolyse est celui qui actuellement se répand de plus en plus. Le principe est toujours de solubiliser les protéines par action d'une enzyme ou d'un mélange d'enzymes.

Après broyage, le mélange est envoyé dans les cuves à hydrolyse. De l'eau est ajoutée en quantité suffisante (environ 40 %). Si l'on ajoute trop d'eau il risque de se produire une séparation liquide-solide, par contre par manque d'eau on n'hydrolysera que de petites masses. Il faut signaler que certaines fabrications actuelles ne comportent pas d'addition d'eau, ce qui réduit considérablement les durées de traitement. On ajuste ensuite le pH bien que là encore ce ne soit pas systématique, on ajoute l'enzyme dans des proportions pouvant varier de 1 à 5 % et on chauffe à la température appropriée à cette enzyme.

Lorsque l'hydrolyse est terminée, la réaction est stoppée par un chauffage rapide aux environs de 100° C. La figure 7 montre les diverses opérations de fabrication de l'hydrolysat.

Le produit est alors tamisé afin de séparer les écailles et fragments d'arêtes. Il passe tout comme dans le cas des farines dans un séparateur horizontal liquide-solide, qui sépare les boues du surnageant. Cette phase liquide est centrifugée et l'huile obtenue est clarifiée. La partie aqueuse et les boues sont ou non mélangées, concentrées de préférence sous vide et séchées. Ce séchage se fait par exemple en tours d'atomisation par la méthode de séchage en spray.

Enzyme	Activité par µg d'enzyme
Pronase	0,469
Pancréatine	0,215
Bromelaïne	0,165
Trypsine	0,077
Enzyme bactérienne	0,054
Papaïne	0,012

TABLE 5. — *Activité des enzymes, exprimée en µg de tyrosine libérée par minute et par gramme de caséine (d'après МАСКИЕ).*

Influence de l'enzyme.

L'efficacité de l'hydrolyse dépend de la nature de l'enzyme. On a tenté de tester diverses enzymes, par exemple en dosant la tyrosine libérée de la caséine. On s'aperçoit par exemple, que selon cette méthode (tabl. 5), la papaïne est l'enzyme qui aurait la moins grande activité. Or, il se trouve que lorsque l'on travaille sur du poisson ces résultats sont infirmés. Ces activités « apparentes » d'enzymes ajoutées au milieu, sont donc modifiées par les enzymes protéolytiques contenues naturellement dans le muscle de poisson, telles que les cathepsines (fig. 8 et 9).

En outre, les enzymes ont des actions assez spécifiques. C'est ainsi que la trypsine conduit à la formation de polypeptides, alors que la production d'acides aminés est tardive et incomplète. En outre, elle agit en rompant les liaisons lysine et arginine mais non histidine.

Actuellement, la tendance est à l'utilisation non plus d'une enzyme donnée, mais d'un mélange d'enzymes, animales, végétales ou bactériennes, mélange dont la composition est souvent protégée par un brevet.

Influence du pH.

Le pH du milieu à hydrolyser a une grande importance, car c'est lui, entre autres, qui va conditionner le degré d'activité des enzymes, puisque chacune d'elles possède un pH optimum. Ainsi, lors d'une autolyse, c'est le choix du pH qui va sélectionner l'enzyme qui agira. Le tableau 6 précise quelques pH (ou zones de pH) optimum pour certaines enzymes.

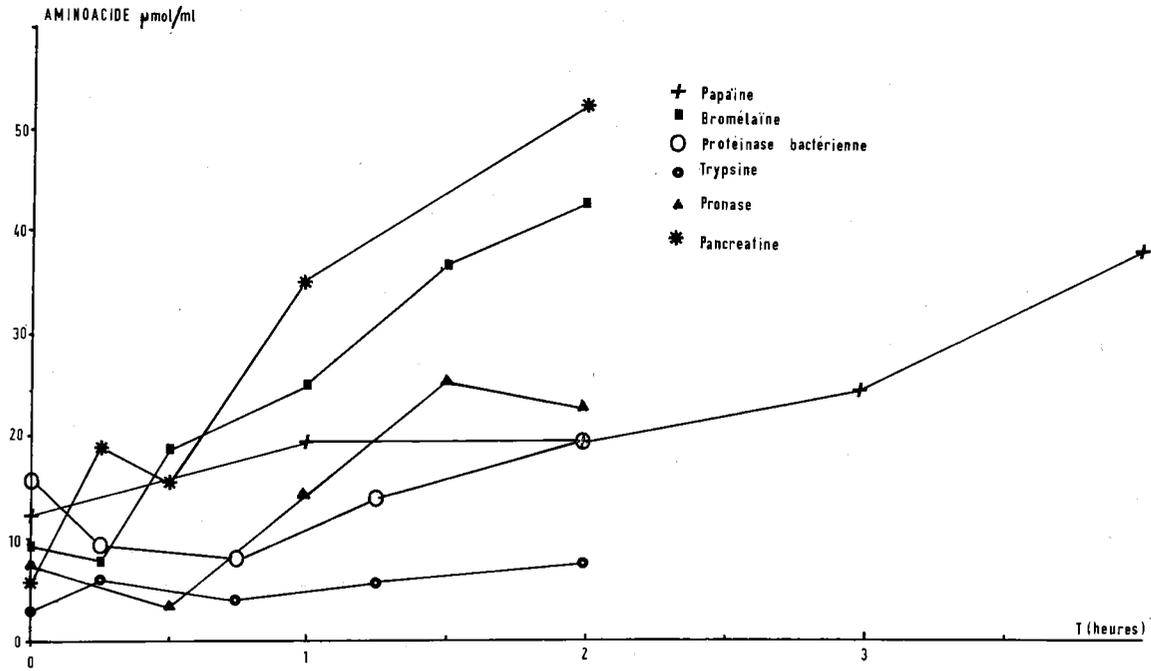


FIG. 8. — *Activité des enzymes. Libération d'acides aminés (d'après MACKIE)*

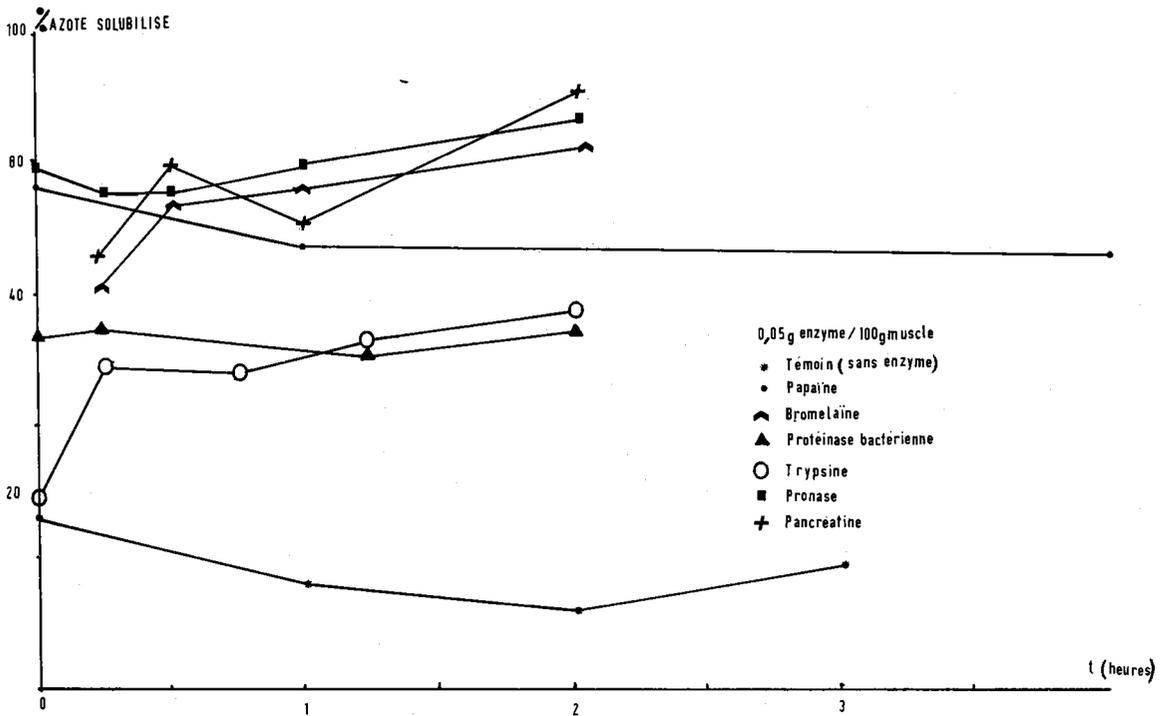


FIG. 9. — *Activité des enzymes. Solubilisation d'azote (d'après MACKIE)*

Lorsque l'on veut ajuster un pH, on utilise le plus souvent l'acide chlorhydrique, l'acide acétique ou la soude, plus rarement l'acide formique ou citrique.

Face au problème du pH, on utilise également de plus en plus des mélanges d'enzymes soigneusement étudiés permettant de travailler directement au pH du poisson (entre 6 et 7).

Enzymes animales	Trypsine - Pancréatine	8,4 — 8,7 (actif jusqu'à pH = 5)
	Cathepsines	3 — 5
	Pepsine	1,5 — 2,5
Enzymes végétales	Papaïne (Papaye)	6 — 7
	Ficine (Ficus)	5 — 7
	Bromelaïne (Ananas)	7
	Solanaïne (solanacées)	6 — 7
Enzymes microbiennes	Protéinase de certains <i>Aspergillus</i>	2,5 — 4
	Clostripaïne (de certains <i>Clostridium</i>)	7,4
	Subtilisine (<i>Bacillus subtilis</i>)	8
	Peptidases microbiennes	5 — 8

TABL. 6. — pH optimum pour quelques enzymes (d'après JAVILLIER, POLONOWSKI et Coll.).

Influence de la température.

Tout comme le pH, la température à laquelle se fait l'hydrolyse conditionne le degré d'activité de l'enzyme donc la vitesse de la réaction. En général, on estime que les enzymes animales sont les plus efficaces au-dessus de 40° C, et que les enzymes végétales ou provenant de micro-organismes le sont aux environs de 50° C. Ces températures, ainsi que les pH, peuvent varier avec les substrats.

Si la température est trop élevée, l'enzyme est inhibée et la réaction ne peut avoir lieu. C'est d'ailleurs par une élévation de température du mélange que l'on stoppe l'hydrolyse lorsqu'on la juge terminée. Par exemple, si la pepsine d'albacore offre un rendement maximum à pH2 et 42° C, elle perd 50 % de son activité à 56° C.

Produit fini.

Les produits obtenus sont présentés soit sous forme concentrée, soit en poudre.

Les rendements, comme pour les farines, sont de l'ordre de 20 %, et l'hydrolysate peut contenir 85 % de protéines. La fraction obtenue à partir de la phase solide après décantation est soluble à 70 - 80 %, alors que celle obtenue à partir de la phase aqueuse est soluble à 95 % et plus.

Avec la fraction solide provenant du tamisage qui suit l'hydrolyse, on prépare parfois des « farines d'arêtes », produits riches en Ca et P.

Isolats de protéines modifiées.

Divers essais de préparation d'isolats de protéines par voie enzymatique ou par voie chimique sont à l'étude.

Dans le premier procédé, après hydrolyse enzymatique partielle, on précipite les protéines obtenues par l'hexamétaphosphate de sodium et l'acide sulfurique, on dégraisse à l'Isopropanol et on neutralise.

Dans le procédé chimique, on fait agir l'anhydride succinique, on délipide selon la même méthode que ci-dessus et, par adjonction de soude, on obtient un sel de sodium soluble.

Ces isolats peuvent être utilisés, selon les premiers résultats, pour enrichir les boissons en protéines, comme liants dans la nourriture pour pisciculture, ou comme émulsifiants de lipides (mayonnaise).

V. Autres produits extraits du poisson.

Huiles.

Lors de la fabrication de farines ou d'hydrolysats, on recueille également l'huile de poisson. Après la clarification, dans la chaîne de fabrication de farine, l'huile est raffinée.

On élimine tout d'abord les acides gras libres par raffinage alcalin (où ces acides sont neutralisés par chauffage avec de la soude) ; par distillation sous vide ; par l'emploi de solvants, tels l'acétone, qui dissolvent plus facilement les acides gras libres que les huiles neutres ; par esterification, les esters étant éliminés par distillation sous vide. On ôte alors les glycérides solides pouvant se former à basse température. Ce mélange présente un intérêt pour une hydrogénation future, car il est relativement saturé.

Le blanchiment se fait par voie physique : passage sur charbon actif par exemple ou par voie chimique (oxydation, réduction), cette dernière méthode étant très délicate.

Par distillation sous vide, on élimine les produits d'oxydation qui peuvent contribuer à l'odeur de ces produits et, enfin, les huiles sont transformées par hydrolyse, saponification, sulfonation, fractionnement...

Il est parfois avantageux de traiter séparément les foies, sources de vitamine A. Pour certaines espèces (merlu, cabillaud, égéfin), dont le foie peut contenir 50 à 75 % d'huile mais relativement peu de vitamine A, on procède à une cuisson, une décantation et une centrifugation. Chez d'autres espèces (thon, lingue, flétan), le foie ne contient que 4 à 30 % d'huile, mais celle-ci est riche en vitamine A. On extrait l'huile par digestion chimique acide ou basique, par voie enzymatique ou encore par l'utilisation de solvants.

Il existe enfin des espèces dont le foie est riche en huile et en vitamine A (squalés). Notons cependant que les besoins du Monde en vitamine A sont couverts en grande partie par les produits de synthèse.

Ces huiles sont de composition fort variable selon l'espèce du poisson, son état de fraîcheur et la période de pêche. Ainsi, un poisson en voie d'altération donnera une huile à forte teneur en soufre, élément qui « empoisonne » le catalyseur à base de nickel utilisé pour l'hydrogénation.

En outre, ces huiles, composées surtout de triglycérides d'acides gras très insaturés, sont très sensibles à l'oxydation. Elles doivent donc être entreposées à l'abri de l'oxygène et de la lumière, et être exemptes de traces de métaux lourds catalysant l'oxydation. Elles contiennent les vitamines liposolubles A et D, mais aussi des acides du groupe linoléique, facteur de croissance.

Ces huiles trouvent des débouchés multiples. Etant donné leurs propriétés d'insaturation, on

les utilise comme huiles siccatives ou comme vernis. En tant que source d'acides gras, on les utilise dans la fabrication de certains savons, de lubrifiants, d'agents hydrofuges, ainsi qu'en pharmacie et en recherche scientifique.

Enfin, dans plusieurs pays, après blanchiment et hydrogénation, ces huiles entrent dans la fabrication de graisses comestibles ou de margarines.

Ensilages.

L'ensilage est une technique de récupération de protéines qui peut se situer entre l'hydrolyse chimique et enzymatique, en ce sens que l'on effectue une autolyse en milieu acide. Ce sont en effet les enzymes préexistantes dans le poisson qui agissent, l'adjonction d'acide servant à favoriser l'action de ces enzymes ainsi qu'à prévenir une altération bactérienne.

On pratique des ensilages avec divers acides ou mélanges d'acides (chlorhydrique, sulfurique). Dans ce cas, on doit abaisser le pH aux environs de 2, et le produit obtenu doit être neutralisé avant utilisation.

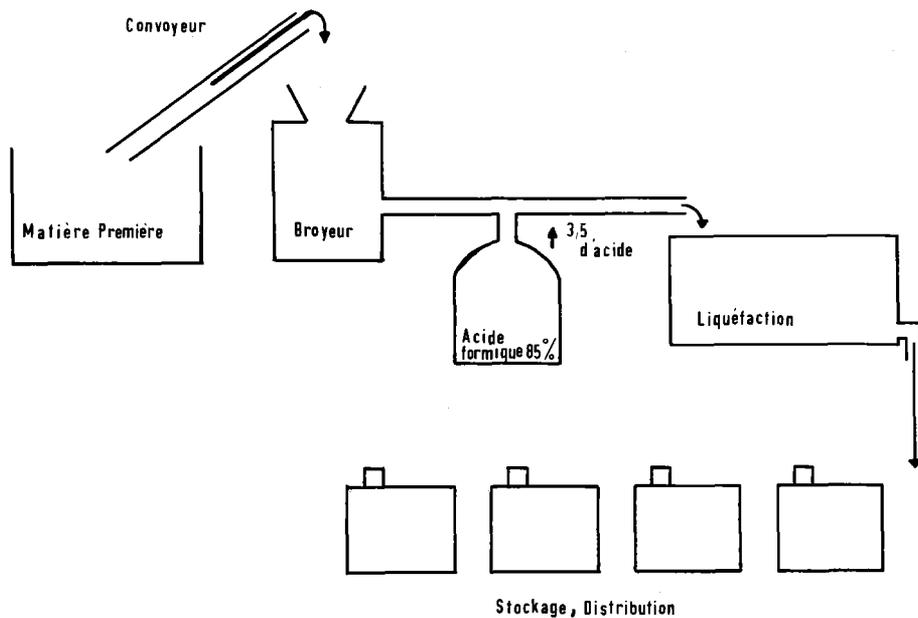


FIG. 10. — Schéma de fabrication d'un ensilage (d'après ML. WINDSOR).

L'emploi d'acide formique (à la dose de 3,5 % d'acide formique à 85 %) fournit un produit prêt à l'emploi, de pH = 4,5.

Le matériel requis est assez simple : broyeur, mélangeur et cuve de stockage (fig. 10).

Le temps nécessaire à la liquéfaction de la masse varie avec la température et la nature de la matière première. Ainsi, du hareng ou des déchets de harengs, sont liquéfiés en 24 à 48 H à 18 - 20° C, alors que de grosses arêtes centrales de cabillaud demandent 5 à 7 jours pour être réduites en particules suffisamment fines.

Les ensilages sont utilisés comme fourrage liquide, en addition à la nourriture normale des animaux : porcins, bovins, animaux de basse-cour. Des travaux ont montré qu'un kilo d'ensilage pouvait contenir la même quantité de protéines que quatre kilos de lait écrémé.

Divers.

Outre la fabrication de farines, d'huiles, d'hydrolysats dans un but alimentaire, divers usages industriels ont été cités pour les huiles.

Il faut également signaler certaines autres activités utilisant des sous-produits de poisson : cosmétologie, biochimie (peptones, vitamines, rogues en tant que source d'ADN, enzymes...), utilisation de l'albumine de poisson, fabrication de colles, etc.

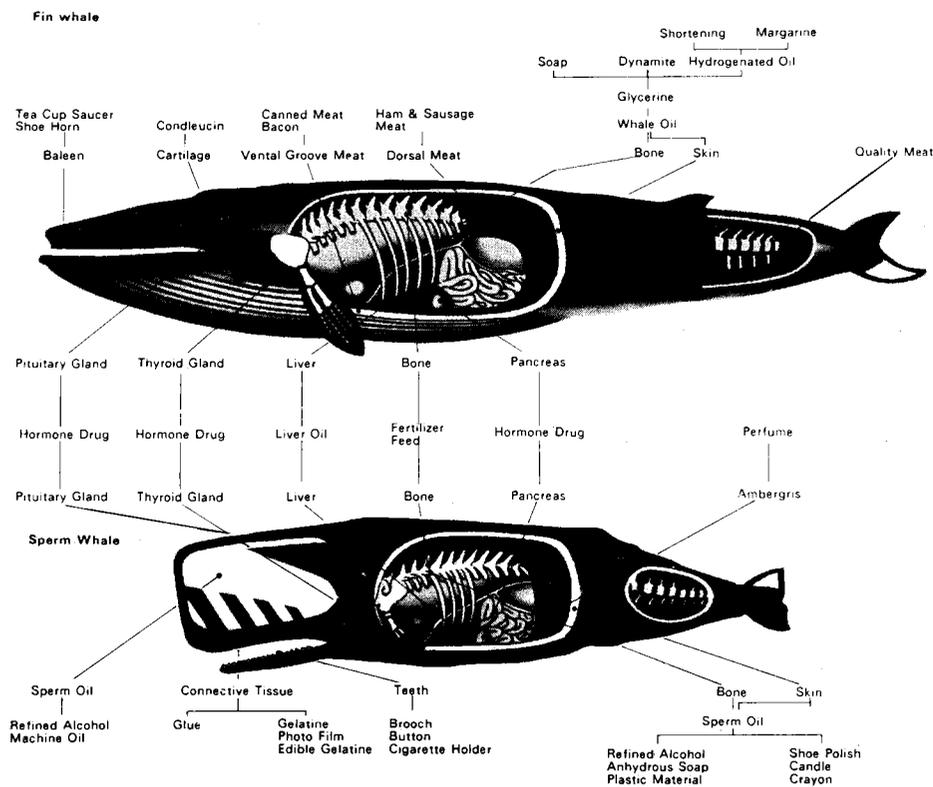


FIGURE 11.

Ces diverses utilisations peuvent être résumées par la figure 11 montrant ce qui est extrait de la baleine et du cachalot par les industries japonaises.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

PETERSEN (H.), 1953. — Conservation à l'acide du poisson et des déchets de poisson. — *FAO, Bull. Pêches*, 6 (1-2).
 La production de farine et d'huile de poisson. — *FAO, Doc. Techn.*, n° 142, FIIM/T 142, 1975.
 LOPEZ BENITO (M.) et GIL (M.), 1974. — Obtencion de concentrado de proteinas a partir de especies de pescado de bajo precio. — *Invest. pesq.*
 BRODY (J.), 1965. — Fishery by - Products Technology. — *Avi Publ. Co.*
 La construction des installations pour la fabrication de farine et d'huile de poisson. — *Maritime News*, n° 2.

- STANSBY (M.E.), 1967. — Fish oils. — *Avi Publ. Co.*
- NACONA (Sté S.A.), Nantes. — Installation pour hydrolysats du morutier congélateur « Commandant-Gué ».
- MACKIE (I.M.), 1973. — Potential production of powdered and liquid fish products for human consumption and animal feeds. — *FAO, Techn. Conf. Fish. Products*, F II : FP/73/E-13, Tokyo.
- BLIGH (E.G.), DYER (W.J.), REGIER (L.W.), DINGLE (J.R.) et LEGENDRE (R.), 1973. — Functional and nutritive food proteins from fish. — *FAO, Techn. Conf. Fish. Products*, F II : FP/73/E-25, Tokyo.
- JAVILLIER (M.), POLONOWSKI (M.), FLORKIN (M.), BOULLANGER (P.), LEMOIGNE (M.), ROCHE (J.) et WURMSER (R.), 1964. — *Traité de Biochimie générale*, T. II (fasc. 2), « Les enzymes ». — Masson et C^{ie} Edit.
- GORTNER (R.A.) et GORTNER (W.A.), 1950. — *Outlines of biochemistry*. — Wiley and sons, New York ; Chapman and Hall, Londres.
- SPINELLI (J.), GRONINGER (H.S.) et KOURY (B.), 1973. — Preparation and properties of, chemically and enzymatically modified proteins isolates for use as food ingredients. — *FAO, Techn. Conf. Fish. Products*, F II : FP/73/E-28, Tokyo.
- WINDSOR (M.L.), 1973. — Production of fish silage for animal feed. — *FAO, Techn. Conf. Fish. Products*, F II : PF/73/E-15, Tokyo.
- I.A.F.M.M., 1975. — News summary n° 37, février (non publié).
- 1974. — 3^e Symposium européen sur l'emploi de la farine de poisson dans l'alimentation du bétail ; sept., Amsterdam.
- EYSSALET (R.J.), 1973. — L'utilisation du faux poisson ramené par les crevettiers de l'Atlantique. — *FAO, Techn. Conf. Fish. Products*, F II : PF/73/E-27, Tokyo.
- JAUBERT (P.), 1974. — Les concentrés de protéine soluble de poisson. — 11^e colloque international sur l'Exploitation des Océans, Bordeaux.
- WINDSOR (M.L.), 1971. — *Torry Advisory*, note n° 49.

