

Les alginanes en alimentation. Etude chez le rat,

par

Mohamed ASSOUMAN (*) et Jean ADRIAN,

Centre de Recherches sur la Nutrition. C.N.R.S. - BELLEVUE.

SOMMAIRE.

INTRODUCTION (p. 45).

I. — MODALITÉS EXPÉRIMENTALES (p. 47).

II. — RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX (p. 48).

III. — DISCUSSION (p. 53).

BIBLIOGRAPHIE (p. 54).

INTRODUCTION.

Les alginanes extraits des algues marines brunes (*Phaeophyceae*) sont des glycanes utilisés classiquement en technologie alimentaire pour leurs propriétés épaississantes et gélifiantes (GLICKSMAN, 1969 ; WHISTLER, 1973 ; PERCIVAL et Mc DOWELL, 1967 ; WYLIE, 1973 ; ADRIAN, 1975).

En réalité, ils sont employés sous différentes formes et avec des finalités variées. Les produits les plus courants sont les alginanes dispersibles dans l'eau, c'est-à-dire, se comportant comme des hydrocolloïdes et improprement qualifiés de solubles.

Sous cet état on rencontre les alginates de sodium, de potassium ou d'ammonium dont la viscosité - à la concentration de 1 p. 100 dans l'eau - s'échelonne entre 10 et 3 000 cP, notamment en fonction du degré de polymérisation de la molécule.

Grâce à cette viscosité, la présence des alginanes permet d'accroître la stabilité de desserts et de crèmes fouettées, de préparations à base de fruits et de boissons variées, etc. En même temps, ces additifs confèrent une texture améliorée à de nombreuses préparations gélifiées ou épaissies. L'industrie les utilise à des concentrations très variables allant de 0,005 à 2,0 p. 100.

* Elève à l'ORSTOM.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° 5022 ex 4

Cote : B

Plus récemment, l'insolubilité de l'alginate de calcium a conduit à préconiser cet additif pour créer des enrobages et des films protecteurs pour de nombreuses matières alimentaires. Le principe de l'opération consiste à plonger le produit à traiter dans un bain d'alginate dispersible dans l'eau puis, après égouttage, à le plonger dans une solution de chlorure de calcium. La précipitation à l'état d'alginate de calcium et la formation d'une pellicule insoluble sont immédiates.

Divers brevets ont été pris ces dernières années en vue de l'enrobage par cette technique. Ils concernent le traitement des produits carnés et de la charcuterie, du poisson, des purées de fruits et de diverses préparations dont les produits extrudés.

L'acide alginique lui-même est également préconisé comme additif dans les milieux acides comme certaines préparations à base de fruits, des sauces de salade etc, les alginates dispersibles ayant tendance à précipiter dans ces conditions.

Au point de vue chimique, la molécule de base est une association d'acides mannuronique et guluronique - en proportions variables - dont le degré de polymérisation est de 100 au minimum et atteint fréquemment 800 à 1 000. Le poids moléculaire des alginanes oscille entre 30 000 et 250 000 environ (STANFORD, 1883 ; NELSON et CRETCHER, 1929 et 1930 ; FISHER et DOERFEL, 1955 ; etc.). Les cations monovalents forment des sels dispersibles dans l'eau, les divalents et les métaux lourds donnent des molécules insolubles. Quant à l'acide alginique, il est obtenu lui-même par acidification des suspensions vers pH 2 et s'insolubilise dans ces conditions. Toutes ces modifications de la molécule d'alginate sont des réactions réversibles : il est possible de passer de l'acide aux sels et réciproquement. En pratique, seuls les alginates de sodium, de potassium ou d'ammonium sont des hydrocolloïdes doués d'une forte viscosité, l'acide alginique conserve une faible affinité pour l'eau ; l'alginate de calcium, enfin, a perdu toute propriété d'hydrocolloïde.

Au point de vue physiologique, les alginanes sont des substances ayant obtenu le statut G.R.A.S. aux U.S.A. (*generally recognized as safe status*) c'est-à-dire qu'ils sont considérés comme dépourvus de toxicité. Ce point de vue a été confirmé par un Comité d'experts FAO/OMS (1969) qui estime que les alginanes ne présentent pas de toxicité pour le rat lorsqu'ils sont au taux de 5 p. 100 dans la ration. Ils en ont conclu que 12,5 mg par kg corporel était une dose quotidienne admissible pour l'homme, soit près de 1 g pour un adulte de 75 kg. Dans la pratique, cette absence de toxicité signifie-t-elle que les alginanes sont des substances inertes, comme la cellulose, dont la présence dans l'alimentation n'entraîne aucune répercussion dans le domaine physiologique ? Diverses observations éparées montrent que de nombreux hydrocolloïdes alimentaires tendent à perturber les phénomènes de la digestion et de l'assimilation intestinale (ADRIAN, 1975)

Dans le cas des alginanes, leur insolubilisation à l'état d'acide alginique dans les milieux acides entraîne très probablement une situation particulière : quelle que soit la forme sous laquelle l'alginate est ingéré, il existe une forte probabilité pour qu'il soit transformé en acide alginique dans le milieu stomacal.

Même si au taux de 5 p. 100 dans la ration, les alginanes n'offrent pas un caractère toxique, ils sont susceptibles d'exercer une activité dans le domaine nutritionnel en modifiant l'utilisation digestive. Telle est, du moins, la question qui se pose et à laquelle nous avons voulu apporter une réponse.

Dans ce but, nous avons retenu l'alginate de sodium, hydrocolloïde dispersible en milieu aqueux, l'alginate de calcium insoluble en phase aqueuse et l'acide alginique qui est vraisemblablement la forme sous laquelle les alginanes arrivent dans l'intestin.

Ces 3 additifs ont été comparés à la poudre de cellulose, choisie comme exemple d'une substance biologiquement inerte au cours des phénomènes de la digestion.

I. — MODALITÉS EXPÉRIMENTALES.

LES PRODUITS UTILISÉS.

Le produit de départ est un alginat de sodium, hydrocolloïde classique des technologies alimentaires. Il est utilisé en l'état ou bien converti au laboratoire en alginat de calcium ou en acide alginique.

FABRICATION DE L'ALGINATE DE CALCIUM.

50 g d'alginat de sodium sont mis en suspension dans 6 litres d'eau. Après brassage, on ajoute 35 g de chlorure de calcium en solution et on remue jusqu'à formation de filaments blanchâtres. On abandonne 10 minutes pour parfaire la précipitation d'alginat de calcium. Les filaments formés sont filtrés sur gaze de nylon, remis en suspension dans l'eau pendant 15 minutes et filtrés à nouveau.

Le précipité est passé dans l'alcool pour faciliter sa deshydratation, puis séché sous ventilation d'air à 45°C et broyé.

En matière sèche, le rendement de l'opération est de 96 p. 100 et l'alginat de calcium obtenu renferme 19,5 p. 100 de cendres et 8,4 p. 100 de calcium. Cette dernière teneur s'est révélée très constante dans les diverses fabrications effectuées au laboratoire.

FABRICATION DE L'ACIDE ALGINIQUE.

50 g d'alginat de sodium sont mis en suspension dans 6 l d'eau. On acidifie le milieu à pH 2,0 à l'aide d'acide chlorhydrique tout en remuant la masse. On vérifie régulièrement le pH et on le corrige éventuellement par de nouvelles additions de HCl pour le maintenir à 2,0. La suspension est abandonnée environ 1/2 h lorsque le pH est stabilisé, puis filtrée sur gaze de nylon. L'opération est plus malaisée que précédemment et on rince l'acide alginique précipité en versant de l'eau sur le filtre. Le produit est séché vers 65°C avec ventilation d'air. Le rendement est de l'ordre de 75 p. 100 le produit obtenu étant pauvre en cendres (2,9 p. 100) et surtout en calcium (0,92p. 100).

LES RATIONS.

Le mélange de base de tous les régimes est le suivant :

caséine lactique	10 p. 100,	huile d'arachide	5 p. 100,
sucré	55 p. 100,	cellulose	2 p. 100,
amidon	20 p. 100,	mélange vitaminique complet	1 p. 100.

Tous les régimes renferment, en outre, 2 p. 100 de mélange minéral : les rations contenant de l'alginat de calcium sont additionnées de 2 p. 100 de mélange salin sans calcium, toutes les autres contiennent 2 p. 100 de mélange minéral complet (*).

* La composition du mélange salin sans calcium est la suivante : chlorure de Mg 47,5 p. 100, citrate de K 20,7 p. 100, chlorure de K 19,7 p. 100, chlorure de Na 8,2 p. 100, sulfate de K 2,1 p. 100, citrate de Fe 1,6 p. 100, iodure de K 0,4 p. 100, fluorure de Na 0,04 p. 100, sulfate de Mn 0,02 p. 100 et alun de K 0,008 p. 100.

La composition du mélange minéral complet est la suivante : carbonate de Ca 54,3 p. 100, carbonate de Mg 2,5 p. 100, sulfate de Mg 1,6 p. 100, chlorure de Na 6,9 p. 100, chlorure de K 11,2 p. 100, phosphate monopotassique 21,2 p. 100, phosphate ferrique 2,05 p. 100, iodure de K 0,008 p. 100, sulfate de Mn 0,035 p. 100, fluorure de Na 0,01 p. 100, sulfate double de K et Al 0,017 p. 100 et sulfate de Cu 0,09 p. 100.

Les additifs (*alginate de sodium ou de calcium, acide alginique, cellulose*) sont introduits uniformément au taux de 5 p. 100 dans la ration. Les régimes témoins reçoivent 5 p. 100 de saccharose au lieu d'un des additifs.

Les rations sont pratiquement isoazotées (1,25 p. 100 d'azote) et isocalciques (0,44 p. 100 de calcium), les apports de ces éléments se situant légèrement en dessous des taux recommandés pour le rat en croissance.

L'EXPÉRIMENTATION ANIMALE.

L'expérience de croissance est réalisée à l'aide de 4 lots de 12 rats mâles Wistar, d'un poids moyen de 56,5 g au départ. L'expérience se poursuit pendant 43 jours, au cours desquels les animaux ont consommé librement leur ration. En fin d'expérience, ils sont sacrifiés et quelques organes sont prélevés.

Les bilans ont été établis sur un lot de 12 rats mâles Wistar, d'un poids moyen de 100 g. Les mêmes animaux reçoivent successivement le régime contenant l'alginate de sodium, puis l'alginate de calcium, puis le régime témoin dépourvu d'additifs et enfin la ration comprenant l'acide alginique.

Pour chacun de ces régimes, les animaux sont accoutumés à la ration pendant 10 jours, puis il est procédé à l'établissement du bilan digestif pendant une période de 5 jours.

Les fèces sont portés pendant 2 h à 80°C environ, puis - en fin de période - séchés complètement à cette température dans une étuve à ventilation. Après broyage, ils font l'objet d'analyses.

TECHNIQUES ANALYTIQUES.

Le travail ayant porté essentiellement sur les bilans azotés et calciques, l'azote est dosé classiquement selon la technique de KJELDAHL et le calcium sous forme d'oxalate.

Cette dernière technique est appliquée sur le substrat préalablement incinéré à une température voisine de 600°C.

Les cendres sont dissoutes à l'aide de HCl concentré puis amenées à pH 4,5 avec de l'ammoniaque. On ajoute 0,6 g de Cl NH₄ et on porte au bain-marie 15 min.

Les prises sont additionnées d'oxalate de NH₄ saturé et ajustées à pH 4,8. Après un abandon de 2 h, l'oxalate est centrifugé et lavé 3 fois à l'eau, puis dissout à l'aide d'acide perchlorique.

L'acide oxalique est dosé à l'aide de permanganate N/40 selon la technique usuelle.

II. — RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.

INFLUENCE DES ALGINANES SUR LA CROISSANCE DU RAT.

Une addition de 5 p. 100 d'algines est comparée à celle de poudre de cellulose, connue pour constituer un ballast digestif inerte (JACQUOT, 1946). Cette caractéristique est pleinement confirmée par les résultats actuels, rien ne distinguant les animaux du lot témoin de ceux qui reçoivent 5 p. 100 de cellulose : la vitesse de croissance, l'efficacité alimentaire, les rapports biométriques des principaux organes sont identiques dans les 2 lots (*Tableau I*).

TABLEAU I.

EFFETS DES ALGINANES ET DE LA POUDRE DE CELLULOSE
SUR LA CROISSANCE ET LE DÉVELOPPEMENT DU RAT.

	RÉGIME TÉMOIN	NATURE DES ADDITIONS AU TAUX DE 5 p. 100		
		CELLULOSE	ALGINATE DE Na	ALGINATE DE Ca
ingéré sec (g/j/rat)	13,6 ± 1,2	13,95 ± 1,0	12,85 ± 1,95	13,4 ± 1,2
gain de poids (g/j/rat)	3,03 ± 0,5	3,13 ± 0,6	2,49 ± 0,8	2,85 ± 0,55
C.E.P. *	2,79	2,80	2,42	2,63
indice de consommation **	4,48	4,45	5,16	4,74
poids final des animaux (g)	180,85	188,0	156,25	165,4
en g / 100 g poids vif :				
foie	2,67 ± 0,47	2,71 ± 0,1	3,05 ± 0,16	3,10 ± 0,15
reins	0,69 ± 0,14	0,71 ± 0,05	0,84 ± 0,1	0,81 ± 0,1
caecum plein	0,72 ± 0,20	0,79 ± 0,15	1,13 ± 0,21	1,01 ± 0,32

* Coefficient d'Efficacité Protidique = gain de poids / protéines ingérées.

** Indice de consommation = ingéré sec / gain de poids.

Par contre, les alginanes ne traversent pas le tube digestif d'une manière totalement inerte ; ils modifient sensiblement l'utilisation de la ration et le développement des animaux, l'alginate de sodium présentant un effet beaucoup plus marqué. Avec cette forme - de nature hydrocolloïdale - le coefficient d'efficacité protidique (C.E.P.) et l'indice de consommation subissent un préjudice voisin de 14 p. 100 ce qui entraîne un amoindrissement de la croissance se situant à 17 p. 100.

Avec l'alginate de calcium - qui a perdu ses propriétés d'hydrocolloïde - le C.E.P., l'indice de consommation et le gain de poids accusent un retard de 6 p. 100, valeur non significative et imputable éventuellement à une conversion incomplète de l'alginate de sodium en forme calcique.

En bref, lorsque l'alginate se présente à l'état d'hydrocolloïde, il perturbe l'utilisation alimentaire de la ration, ces phénomènes tendant à disparaître lorsque l'alginate est à l'état insoluble. Cette différence de comportement permet d'attribuer les effets observés à la structure physique de ce polymère et non à la constitution chimique.

Les alginanes ne modifient pas sensiblement le poids du foie et des reins, la légère augmentation des valeurs relatives pouvant traduire seulement le moindre degré d'engraissement des animaux. En effet, en valeur absolue, les poids de ces organes sont pratiquement identiques pour les 4 lots :

POIDS EN VALEUR ABSOLUE (en g)	TÉMOIN	CELLULOSE	ALGINATE DE Na	ALGINATE DE Ca
foie	4,74	5,09	4,75	5,11
reins	1,22	1,32	1,29	1,33

La seule altération notable provoquée par les alginanes est une hypertrophie de 40 à 50 p. 100 du volume caecal, manifestation d'une dégradation de ces polymères sous l'influence des systèmes enzymatiques de la flore digestive. Dans ce domaine, les 2 formes d'alginanes provoquent des répercussions semblables, c'est-à-dire que la molécule est attaquée indépendamment de sa structure physique, qu'elle soit à l'état colloïdal ou insoluble.

Néanmoins, l'importance de ce phénomène ne doit pas être exagérée : lorsque la ration renferme des glucides aisément dégradables dans le caecum il n'est pas exceptionnel d'enregistrer des hypertrophies de 100 à 300 p. 100 de cet organe (ADRIAN et SUSBIELLE, 1975 ; ADRIAN et FRANGNE, 1976 ; etc.). Les bilans digestifs établis à l'aide des mêmes rations préciseront le degré d'hydrolyse de ces polymères au cours de la digestion chez le rat.

INFLUENCE DES ALGINANES SUR LA DIGESTIBILITÉ ALIMENTAIRE.

Des bilans ont été établis sur un même lot d'animaux recevant une ration additionnée de 5 p. 100 d'alginate de sodium, d'alginate de calcium ou d'acide alginate (Tableau II).

La digestibilité globale des rations expérimentales n'étant pas diminuée de 5 p. 100 par rapport au régime témoin, on peut en déduire qu'une fraction de la molécule d'alginate a été dégradée et assimilée pendant les phénomènes digestifs, plus particulièrement au moment de la traversée du caecum.

TABLEAU II.

EFFETS DES ALGINANES SUR LA DIGESTIBILITÉ DE LA RATION ALIMENTAIRE.

	RÉGIME TÉMOIN	NATURE DES ADDITIONS AU TAUX DE 5 p. 100		
		ALGINATE DE Na	ALGINATE DE Ca	ACIDE ALGINIQUE
ingéré sec (g/j/rat)	15,6 ± 2,25	10,6 ± 1,75	13,6 ± 2,05	15,05 ± 3,0
calcium ingéré (mg/j/rat)	67,7	46,1	59,15	74,75
azote ingéré (mg/j/rat)	174,00	139,3	152,75	184,75
fèces sec (mg/j/rat)	619,0 ± 101,0	763,5 ± 141,0	795,0 ± 143,0	1062,0 ± 225,0
digestibilité globale	96,05 ± 0,3	92,8 ± 0,75	94,15 ± 0,55	93,4 ± 0,55
digestibilité azotée apparente	89,95 ± 1,85	88,35 ± 1,6	87,45 ± 2,15	88,50 ± 1,7
digestibilité calcique apparente	42,45 ± 9,5	17,1 ± 8,9	38,85 ± 5,35	20,5 ± 6,95
azote assimilé (mg/j/rat)	156,65	123,15	134,0	163,3
calcium assimilé (mg/j/rat)	28,65	8,7	22,7	15,4

La digestibilité probable des différentes formes d'alginate peut s'établir de la façon suivante :

	ALGINATE DE Na	ALGINATE DE Ca	ACIDE ALGINIQUE
chute de la digestibilité globale en présence de 5 p. 100 d'alginate (p. 100)	3,25	1,90	2,65
digestibilité apparente de l'alginate (p. 100)	35	62	47

Selon ces calculs, la digestibilité des alginate n'est que partielle, ainsi que le laissait prévoir l'hypertrophie modérée du caecum. Il convient de préciser que seules les fractions dégradées sont susceptibles de traverser la paroi intestinale, la molécule intacte n'ayant pas cette possibilité selon les observations de SHARRATT et DEARN (1972).

Par ailleurs, les calculs ci-dessus sont basés sur l'hypothèse que l'utilisation digestive des éléments de la ration n'est pas perturbée par la présence des alginate. Dans la réalité, rien ne permet d'affirmer qu'il en est bien ainsi, et la digestibilité des alginate peut alors dépasser les estimations établies. Par exemple, en considérant la digestibilité azotée, on remarque une faible mais constante diminution de l'assimilation intestinale dans les rations contenant les diverses formes d'alginate. Une telle différence contribue à expliquer la baisse du C.E.P. enregistrée notamment dans le régime contenant l'alginate de sodium.

Dans nos conditions expérimentales, la digestibilité du calcium peut être gravement affectée par la présence des alginate, bien que la forme exacte administrée conditionne les répercussions sur le métabolisme calcique :

— l'alginate de sodium - forme hydrocolloïdale - est responsable d'une chute de 60 p. 100 de l'assimilation calcique. L'acide alginique provoque, de son côté, un préjudice presque identique, de 52 p. 100 bien que sa structure physique lui confère un état faiblement colloïdal.

— l'alginate de calcium, insoluble, n'entrave pas significativement l'efficacité calcique, sa digestibilité apparente n'étant que de 9 p. 100 inférieure à celle du lot témoin, les quantités de calcium ingérées demeurant du même ordre de grandeur.

— au total, bien que les rations contiennent des taux pratiquement identiques de calcium, les quantités assimilées par la paroi intestinale varient dans des proportions importantes étant donné les écarts de digestibilité et secondairement les variations de consommation alimentaire : avec l'alginate de calcium, la quantité assimilée est réduite de 20 p. 100, avec l'acide alginique la diminution dépasse 45 p. 100 et elle atteint 74 p. 100 avec l'alginate de sodium.

Cette dernière valeur dépasse les phénomènes enregistrés par d'autres auteurs, la plupart observant des diminutions de l'ordre de 30 à 50 p. 100 (VIOLA et al., 1970 ; WALDRON-EDWARD et al., 1964, 1965 ; CARR et al., 1968 ; HARRISON et al., 1966). Néanmoins, ces effets varient avec la richesse de la ration en calcium et, chez des hommes consommant près de 1 g de calcium par jour, de faibles doses d'alginate de sodium demeurent sans effets (MILLIS et REED, 1947).

Nos résultats précisent que les répercussions sur le métabolisme calcique ne dépendent pas seulement du niveau de l'ingéré de calcium mais - dans une large mesure - de la présentation de l'alginate.

III. — DISCUSSION.

Comme la plupart des hydrocolloïdes alimentaires utilisés en technologie, les alginanes ne sont pas des substances biologiquement inertes, ni totalement indigestibles.

Par des estimations indirectes, on aboutit au fait que la moitié de l'alginate ingéré est dégradé au cours du transit digestif chez le rat ; les systèmes enzymatiques de la flore du caecum en sont certainement un des facteurs responsables. Cette « digestibilité » est nettement plus élevée que celle d'autres additifs comparables ; par exemple, les carraghénanes ne sont digestibles qu'à raison de 2 à 20 p. 100 (HAWKINS et YAPHE, 1965 ; ANDERSON et SOMAN, 1966 ; DEWAR et MADDY, 1970).

Par ailleurs, les alginanes exercent une action inhibitrice sur l'efficacité du bol alimentaire. D'une manière générale, ils réduisent la croissance du rat d'environ 15 p. 100, conséquence d'une ingestion légèrement moindre et d'une efficacité alimentaire globale et azotée diminuée.

Cette dernière observation, traduite par une modification du C.E.P., sera confirmée par un autre travail sans qu'une explication satisfaisante puisse être fournie présentement. On pouvait, en effet, imaginer que la diminution du C.E.P. - importante surtout avec l'alginate à l'état hydrocolloïdal - résultait principalement d'une inhibition de la digestion : les bilans d'azote total ne permettent pas d'étayer cette hypothèse.

Il reste donc à invoquer une éventuelle interférence entre la fraction assimilée des alginanes et l'utilisation métabolique de l'azote.

Les alginanes peuvent également réduire l'utilisation du calcium alimentaire, ce phénomène dépendant largement de la forme sous laquelle est ingéré l'alginate. Ici, aussi, les observations actuelles ne permettent pas d'élucider totalement les mécanismes en jeu.

L'alginate de sodium et l'acide alginique exerçant une action pratiquement identique, on peut aisément concevoir que ces deux formes connaissent un sort commun lors de la traversée du tube digestif. Par exemple, l'alginate peut se transformer en acide alginique lors du séjour stomacal du fait de l'acidité du milieu, ou bien l'acide alginique alimentaire peut se convertir en alginate de sodium dans le duodénum sous l'effet du bicarbonate qui s'y déverse.

Mais, en admettant ce type de raisonnement, les différences de comportement entre ces 2 formes d'alginanes et l'alginate de calcium ne peuvent s'expliquer. En effet, il sera démontré par ailleurs que ce dernier est décomposé rapidement dans l'estomac par l'acidité du suc gastrique, avec libération de calcium. Cette transformation ne peut donner naissance qu'à l'acide alginique.

Pour expliquer ces comportements variés, il serait nécessaire de connaître avec précision les évolutions des alginanes dans l'appareil digestif, les cinétiques de ces mécanismes et les solubilités exactes des produits formés.

Au total, si ce travail n'apporte pas toutes les réponses aux questions qui se posent, du moins montre-t-il que les alginanes sont doués d'une certaine activité biologique. Au vu de ces faits, il apparaît donc important de distinguer le caractère toxique d'un additif et les répercussions qu'il est capable d'engendrer dans des domaines autres que celui de la nocivité à proprement parler.

Les répercussions d'ordre nutritionnel découlant de l'emploi des alginanes à des concentrations atoxiques en fournissent précisément un exemple qu'il est bon de prendre en considération.

RÉSUMÉ.

Au taux de 5 p. 100 dans la ration du rat, les alginanes diminuent plus ou moins nettement la croissance de l'animal et l'efficacité de la ration.

Ces substances sont partiellement digestibles sous l'effet de la flore du caecum ; elles ne modifient pas la digestibilité de l'azote mais peuvent inhiber fortement celle du calcium.

C'est l'alginate de sodium, ayant des propriétés d'hydrocolloïde, qui provoque le plus nettement un préjudice nutritionnel.

BIBLIOGRAPHIE.

1. ADRIAN (J.). — *Ann. hyg. L. fr., Med. et Nutrit.*, 1975, **11**, 203-16.
2. ADRIAN (J.) et FRANGNE (R.). — *Alim. et Vie*, 1976, **64**, 31-44.
3. ADRIAN (J.) et SUSBIELLE (H.). — *Ann. nutrit. alim.*, 1975, **29**, 151-8.
4. ANDERSON (W.) et SOMAN (P.D.). — *J. pharm. pharmacol.*, 1966, **18**, 825-7.
5. ARNAL-PEYROT (F.) et ADRIAN (J.). — *Ann. nutrit. alim.*, 1974, **28**, 505-21.
6. ARNAL-PEYROT (F.) et ADRIAN (J.). — *Ann. hyg. L. fr., Med. et Nutrit.*, 1976, **12**, sous presse.
7. CARR (T.E.F.), HARRISON (G.E.), HUMPHEYS (E.R.) et SUTTON (A.). — *Intern. J. radiat. biol.*, 1968, **14**, 225-33.
8. DEWAR (E.T.) et MADDY (M.L.). — *J. pharm. pharmacol.*, 1970, **22**, 791-3.
9. FAO/OMS. - 13^e Comité d'experts pour les additifs alimentaires, 1969, Rome, rapport FAO n° 46A .
10. FISHER (F.G.) et DOERFEL (H.). — *Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chem.*, 1955, **301**, 224 et **302**, 186.
11. GLICKSMAN (M.). — *Gum technology in the food industry*, 1 vol., New-York, Acad. Press. 1969.
12. HARRISON (J.), Mc NEILL (K.G.) et JANIGA (A.). — *Canad. med. assoc. J.*, 1966, **95**, 532-4.
13. HAWKINS (W.W.) et YAPHE (W.). — *Canad. J. Biochem.*, 1965, **43**, 479-84.
14. JACQUOT (R.). — *Chim. et Indust.*, 1946, **55**, 524-30.
15. MILLIS (J.) et REED (F.B.). — *Biochem. J.*, 1947, **41**, 273-5.
16. NELSON (W.L.) et CRETCHER (L.H.). — *J. amer. chem. soc.*, 1929, **51**, 1914 et 1930, **52**, 2180.

17. PERCIVAL (E.) et Mc DOWELL (R.H.). — Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides 1 vol., London Acad. Press. 1967.
18. SHARRATT (M.) et DEARN (P.). — *Food cosmet. toxicol.*, 1972, **10**, 35-40.
19. STANFORD (E.C.C.). — *Chem. news, London*, 1883, **96**, 254.
20. VIOLA (S.), ZIMMERMAN (G.) et MOKADY (S.). — *Nutrit. Rep. Intern.* 1970, **1**, 367-75.
21. WALDRON-EDWARD (D.), PAUL (T.M.) et SKORYNA (S.C.). — *Canad. med. assoc. J.*, 1964, **91**, 1006-10.
22. WALDRON-EDWARD (D.), PAUL (T.M.) et SKORYNA (S.C.). — *Nature*, 1965, **205**, 1117-8.
23. WHISTLER (R.L.). — *Industrial gums*, 1 vol., New-York, Acad. Press. 1973.
24. WYLIE (A.). — *Roy. soc. health J.*, 1973, **93**, 309-14.

28 FEV. 1977

ca : (D. F. ...
...)

EXTRAIT DU BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE D'HYGIÈNE ALIMENTAIRE
AVEC LA PARTICIPATION DE
L'ASSOCIATION FRANÇAISE DES TECHNICIENS
DE L'ALIMENTATION ANIMALE

VOLUME 64

ANNÉE 1976

NUMÉRO 1



ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 5022 ex 1

Cote : B