

ALIMENTATION DU FUTUR : SOLUTIONS POUR UNE ALIMENTATION MONDIALE DANS UN MONDE EN MUTATION

Maria BÎCOV

Département Alimentation et Nutrition, FFT-211, Faculté Technologie alimentaire,
Université Technique de Moldova, Chisinau, République de Moldova

Auteur correspondant: Maria Bîcov, email: maria.bicov@tpa.utm.md

Coordinateur scientifique: **Eugenia COVALIOV**, dr., maître de conf., DAN, FTA, UTM

Résumé. *La nourriture est une nécessité fondamentale pour la vie, la croissance, la survie et le maintien d'un bon fonctionnement de l'organisme. La demande alimentaire croissante conduit les producteurs et les consommateurs à rechercher des sources alimentaires alternatives à haute valeur nutritionnelle. Dans cet article on a examiné les principales tendances du développement mondial des nouvelles technologies de transformation des aliments entre 2021 et 2030, qui sont les suivantes: (1) l'utilisation de protéines d'algues ou d'insectes comme alternative aux protéines animales. Les insectes comestibles et les macroalgues sont des aliments alternatifs riches en protéines (jusqu'à 70 %), en fibres (~30 %), ainsi qu'en peptides et polysaccharides ayant des activités antimicrobiennes, antioxydantes, antihypertensives, antidiabétiques, antidépressives, antitumorales et immunomodulatrices; (2) l'utilisation de matériaux d'emballage alimentaire comestibles - ce qui nécessite l'exigence de matériaux d'emballage alternatifs présentant des caractéristiques biodégradables et renouvelables uniques; et (3) l'immersion 3D alimentaire qui pourraient être considérées comme une approche de personnalisation de la nutrition, de conception d'aliments personnalisés et de simplification des chaînes d'approvisionnement alimentaire.*

Mots clés: *protéines, insectes, algues, imprimante 3D*

Introducere

L'augmentation de la population mondiale (+30 % par rapport aux 7,5 milliards d'habitants actuels attendus d'ici 2050) et l'évolution des modes de consommation mondiaux vers une consommation plus élevée de produits d'origine animale affectent le secteur de la production animale [1]. La pénurie de protéines est un sujet de préoccupation mondial et des recherches approfondies sont en cours pour trouver de nouvelles sources de protéines durables. Ainsi, une alternative pour lutter contre la catastrophe future est de trouver un aliment alternatif, parmi lequel figurent les protéines d'insectes et d'algues.

1. Protéines d'insectes et d'algues

On sait que les insectes constituent une excellente source de protéines. Mais pour une raison quelconque, les gens refusent d'en manger. Certes, les appels à l'abandon de l'élevage se sont multipliés récemment. Cela signifie que vous devrez chercher une alternative [2].

Des fermes d'élevage d'insectes - grillons, chenilles, fourmis et criquets - ouvrent déjà leurs portes aux États-Unis et aux Pays-Bas. Leur viande est riche en protéines, mais l'élevage de ces animaux est beaucoup moins cher et plus sûr en termes d'environnement et d'émissions de gaz à effet de serre. En effet, les élevages représentent aujourd'hui jusqu'à 51 % de toutes les émissions de méthane dans l'atmosphère [3]. Compte tenu de tout cela, il est temps de s'habituer aux plats à base de chenilles et de grillons. Par exemple, le chef du restaurant danois Noma, René Redzepi, prépare des galettes de burger aux insectes. Et apparemment, cela s'avère délicieux. Après tout, ce restaurant occupe la deuxième place au classement mondial [4].

Les algues sont un autre produit qui contient un pourcentage élevé de protéines. L'homme cultive des algues depuis l'Antiquité. Cependant, les marcophytes ne sont connues comme source de protéines qu'au cours des deux dernières décennies. Pour la production de protéines alimentaires, la chlorelle, la spiruline (*Arthrospira*), le *Scenedesmus* et le *Phyllophora* sont cultivées à l'échelle industrielle. Ce n'est pas un hasard si le choix s'est porté sur ces plantes - dans des zones relativement petites, il est possible d'obtenir un volume important de produits alimentaires. Les plantes sont cultivées sans prétention, ce qui permet leur utilisation dans des biosystèmes intégrés.

Cependant, la production de ces algues est limitée par le manque de ressources technologiques : il n'existe pas d'installations permettant de cultiver et de traiter des matières premières à l'échelle industrielle avec une utilisation illimitée de l'eau douce et de la lumière du soleil. Il convient également de considérer le coût de production, qui est assez élevé pour une production à grande échelle [5, 6]. En cherchant une solution à ce problème, les chercheurs se sont tournés vers les algues brunes (*Fucus*, *Laminaria* et *Sargassum*). Le fait est que ces macrophytes ne sont pas capables de synthétiser des substances organiques à partir de substances inorganiques par chimio et photosynthèse. Leurs besoins en éclairage et en eau sont donc négligeables. Des zones de culture importantes ne sont pas non plus nécessaires - comme leurs «frères» - les algues vertes et les algues brunes poussent confortablement dans des zones limitées [7].

Plusieurs études récentes publiées dans la littérature proposent l'utilisation d'algues entières ou d'extraits d'algues pour le développement de nouveaux produits alimentaires, avec des études examinant la digestibilité et la biodisponibilité de la biomasse algale dans diverses matrices alimentaires. Par exemple, 1) les propriétés sensorielles, physiques et chimiques, l'activité antioxydante et la digestibilité in vitro de la biomasse de microalgues comme ingrédient alternatif pour les biscuits ont été évaluées [8]; 2) une évaluation nutritionnelle, physique et sensorielle de la biomasse d'*Arthrospira platensis* pour l'enrichissement des collations a été étudiée [9] ; 3) on a étudié l'influence de la biomasse de spiruline sur les qualités technologiques et nutritionnelles des pâtes de pain de blé a également [10] ; 4) les propriétés physiques et antioxydantes du pain sans gluten enrichi en algues brunes (*Ascophyllum nodosum*) ont été étudiées par Różyło et al. (2017) [11]; et 5) la biosorption des protéines, des minéraux (Na, P, Ca et Mg) et des composés phénoliques d'une collation (maïs extrudé) enrichie en *Porphyra columbina* a été étudiée par Cian et al. (2014) [12]. Toutes ces études ont montré les effets prometteurs de la consommation de produits à base d'algues dans des études expérimentales in vitro liées à la biodisponibilité des nutriments [13].

Pour pouvoir utiliser habilement les algues à des fins alimentaires, il est nécessaire de prendre en compte leur teneur en protéines, fibres alimentaires, acides gras oméga-3, pigments, vitamines et microéléments, ainsi que leur goût, leur biodisponibilité et leur aptitude à la transformation. Voici les principales utilisations des algues dans les aliments à valeur ajoutée :

- Les algues conviennent aux substituts du poisson et des crustacés en raison de leur goût spécifique, qui va de l'umami, salé, herbacé et noisette à neutre [14].
- Les algues peuvent apporter une contribution significative à l'apport d'acides gras oméga-3 et remplacer ainsi la viande de poisson dans l'alimentation. Les acides gras à longue chaîne tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA, C20 : 5 ω 3) et l'acide docosahexaénoïque (DHA, C22 : 6 ω 3) sont couramment obtenus à partir de l'huile de poisson et peuvent être remplacés directement par certaines microalgues [15].
- Les algues sont une source majeure de pigments naturels tels que les carotènes (β -carotène, lycopène et astaxanthine) et les xanthophylles (lutéine et zéaxanthine), qui ont de nombreux effets physiologiques positifs sur la santé humaine [16].
- La vitamine B12, appelée cobalamine, présente principalement dans les produits d'origine animale, est également produite par certaines algues, notamment *Arthrospira platensis*. Cette algue est donc intéressante pour prévenir d'éventuelles carences résultant d'un régime végétalien [17].

- En termes de micronutriments tels que les minéraux, les algues contiennent du zinc, du fer, du sélénium, du potassium et du calcium, qui sont des micronutriments essentiels à la consommation humaine et au métabolisme [18].

2. L'impression 3D alimentaire

Dans le contexte de croissance démographique mondiale, une solution pour l'alimentation du futur serait d'utiliser plus largement la création alimentaire à l'aide de l'imprimante 3D. L'impression 3D d'aliments pourrait être considérée comme une approche de personnalisation de la nutrition, de conception d'aliments personnalisés et de simplification des chaînes d'approvisionnement alimentaire. Il pourrait être plus cher que les produits alimentaires conventionnels, mais il satisfera vos goûts, arômes, la texture, les composants du régime alimentaire, une vision de la nourriture, une impression artistique de la nourriture et un mode de consommation alimentaire personnelle [19]. Ainsi, il est utilisé comme aliment militaire et spatial, ainsi que comme aliment diététique spécifique [20].

L'idée de fabriquer de la nourriture avec une imprimante 3D a été partagée en 2010, lorsqu'un groupe de scientifiques du Massachusetts Institute of Technology a présenté la première imprimante 3D, « Cornucopia », pour recréer de la nourriture [21]. La première imprimante alimentaire, au lieu de papier ordinaire, était chargée de produits alimentaires, que la machine refroidissait, mélangeait et utilisait pour créer le produit fini. L'imprimeur pourrait « imprimer » des plats jusqu'alors inconnus avec une valeur nutritionnelle, une qualité et un goût prédéterminés [21].

L'un des sujets les plus discutés est celui de la viande artificielle et, bien entendu, l'impression 3D est indispensable. Ainsi, en septembre 2019, la société israélienne *Redefine Meat* a annoncé avoir levé 6 millions de dollars pour développer son système d'impression 3D de viande. Le projet travaille sur une technologie qui permettra de produire des « alternatives à la viande » à base de plantes, ou plutôt des repas complets – steaks, rôtis et ragoûts – à partir d'ingrédients naturels. Les techniciens et les chercheurs d'ici sont carrément obsédés par ce qu'ils font. L'objectif principal de la startup est d'imprimer des steaks si juteux et si riches en goût que même les mangeurs de viande les plus exigeants ne pourront pas les distinguer des vrais [22].

3. Films d'emballage comestibles

L'emballage alimentaire constitue un domaine important de la recherche alimentaire en raison de son rôle primordial dans la protection et le confinement des denrées alimentaires. Les polymères traditionnellement dérivés du pétrole répondent à la part du lion des besoins en matériaux d'emballage. Cependant, les consommateurs d'aujourd'hui sont davantage préoccupés par l'impact environnemental et les risques sanitaires de ces polymères synthétiques [23].

La production mondiale de plastique a atteint 380 millions de tonnes et a connu une forte augmentation au cours des dernières décennies, où 40 % du plastique produit est utilisé dans des applications d'emballage [24]. Bien que le plastique soit très pratique comme matériau d'emballage, en raison de son faible prix, de sa résistance mécanique élevée, de sa commodité de moulage, de sa thermoscellabilité et de son poids plus léger, une utilisation massive de matériaux d'emballage en plastique peut entraîner des effets néfastes sur l'environnement [25]. Par exemple, les déchets plastiques ne se dégradent pratiquement pas, leur élimination dans une décharge prendra des centaines d'années et l'élimination du plastique par incinération peut produire des gaz hautement toxiques [26]. Le plastique est donc considéré comme la menace la plus importante dans la résolution de la pollution terrestre [27].

Depuis quelques décennies, les consommateurs sont également conscients de l'impact du plastique sur l'environnement. Par conséquent, les exigences en matière de matériaux d'emballage alternatifs garantissant une durée de conservation améliorée avec une bonne qualité et un impact moindre sur l'environnement sont cruciales dans l'industrie de l'emballage alimentaire.

Les emballages comestibles sont traditionnellement utilisés pour améliorer l'apparence et la conservation des aliments, et ils ont suscité une attention considérable au cours des dernières décennies en raison de la possibilité de substitution partielle par des matériaux d'emballage synthétiques non biodégradables [28]. Le rôle principal du film comestible est de contrôler la perte d'humidité et de réduire les taux de réactions chimiques indésirables afin d'améliorer la qualité et la sécurité d'une large gamme d'aliments transformés et frais [29]. De plus, l'incorporation de divers additifs alimentaires tels que des antimicrobiens, des antioxydants, des arômes et des colorants dans la matrice du film comestible étend encore leurs applications [30].

Les matériaux d'emballage comestibles sont des polymères naturels obtenus à partir de polysaccharides, de protéines (animales ou végétales), de lipides ou de combinaisons de ces composants [31]. Selon Market Research Futures (MRFR), le marché des emballages comestibles (à base de protéines, lipides, polysaccharides et autres) vaudra 2,14 milliards de dollars d'ici 2030, avec un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 6,79 % (2022-2030), contre 783,32 millions de dollars en 2021 [32]. Les films comestibles ont été identifiés comme une source saine de protection des aliments contre divers éléments, car ils sont naturels, peu coûteux et renouvelables. La possibilité d'incorporer des ingrédients fonctionnels et une excellente biodégradabilité glorifie encore son attrait. Des recherches approfondies ont été menées pour déterminer le meilleur résultat et minimiser les inconvénients grâce à de nouveaux concepts tels que l'approche du film composite et l'application de la nanotechnologie.

Conclusion

En conclusion, l'adoption de ces innovations dans notre alimentation représente une opportunité de promouvoir un système alimentaire plus durable, garant à la fois de notre bien-être et de l'environnement. En explorant et en mettant en œuvre ces solutions, on peut contribuer à bâtir un avenir plus sain et plus équilibré pour les générations futures.

Sources bibliographiques:

- [1] L. Gasco, G. Acuti, P. Bani, A. Dalle Zotte, P.P. Danieli, A. De Angelis, R. Fortina, R. Marino, G. Parisi, G. Piccolo and L. Pinotti, 2020. "Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition". *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), pp.360-372.
- [2] S. S. Atakan, and B. Wansink, 2018. "Exploring perception and acceptance of edible insects as a protein source". *The FASEB Journal*, 32, pp.724-5.
- [3] A. M. J.E. Liceaga, B. Aguilar-Toalá, A.F. Vallejo-Cordoba, González-Córdova, and A. Hernández-Mendoza, 2022. "Insects as an alternative protein source". *Annual Review of Food Science and Technology*, 13, pp.19-34.
- [4] R. Redzepi, 2014. "An Exploration of Deliciousness. In *The Insect Cookbook: Food for a Sustainable Planet*" (pp. 132-137). Columbia University Press.
- [5] Л. Ю. Лагуткина, "Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья" // *Вестник Астраханского ГТУ - Астрахань*, 2017. - С. 67-75
- [6] R. M. Gladue, J. E. Maxey, "Microalgal feeds for aquaculture". *Journal of Applied Phycology*. 6(2): 131-141, 1994
- [7] Н. П. Дмитрович, "Применение суспензий хлореллы и сценедесмуса как добавки в комбикорма для ленского осетра (*Acipenserbaeri Brandt*) и клариевого сома (*ClariasgariepinusBurchell*)" // *Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. - Пинск, Республика Беларусь: Полесский ГУ*, 2017. - № 2. - С. 37-48.
- [8] AP. Batista, A. Niccolai, P. Fradinho, S. Fragoso, I. Bursic, L. Rodolfi, et al. (2017). "Biomasa de microalge ca ingredient alternativ în fursecuri: proprietăți senzoriale, fizice și chimice, activitate antioxidantă și digestibilitate in vitro".

- [9] S. Lucas, S. Gouin, și M. Lesueur, (2019). "Consumul de alge marine și preferințele etichetei în Franța".
- [10] E. Rodríguez De Marco, M. E. Steffolani, C. S. Martínez, și A. E. León, (2014). "Efectele biomasei de Spirulina asupra calității tehnologice și nutriționale a pastelor din grâu". *LWT - Științe alimentare Tehnol.* 58, 102–108. doi:10.1016/j.lwt.2014.02.054
- [11] R. Rózyło, W. Hameed Hassoon, U. Gawlik-Dziki, M. Siastała, și D. Dziki, (2017). "Studiu asupra proprietăților fizice și antioxidante ale pâinii fără gluten cu alge brune". *CyTA - J. Food* 15, 196–203. doi:10.1080/19476337.2016.1236839
- [12] R. E. Cian, M. A. Fajardo, M. Alaiz, J. Vioque, R. J. González și S. R. Drago, (2014). "Compoziția chimică, proprietățile nutritive și antioxidante ale algei marine roșii comestibile *Porphyra columbina*". *Int. J. Food Sci. Nutr.* 65, 299–305. doi:10.3109/09637486.2013.85474
- [13] Â. P. Matos, E. Novelli and G. Tribuzi, 2022. "Use of algae as food ingredient: sensory acceptance and commercial products". *Frontiers in Food Science and Technology*, 2, p.989801.
- [14] G. M. Turchini, B. E. Torstensen și W. K. Ng, (2009). "Înlocuirea uleiului de pește în nutriția peștilor". *Pr. Aquac.* 1, 10–57. doi:10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x
- [15] Â. P. Matos, (2016). "Acizi grași esențiali din microalge". *Informați* 27, 22–26. doi:10.21748/inform.11.2016.22
- [16] T. Maoka, (2020). "Carotenoizii ca pigmenți funcționali naturali". *J. Nat. Med.* 74, 1–16. doi:10.1007/s11418-019-01364-x
- [17] S. Grosshagauer, K. Kraemer și V. Somoza (2020). "Adevărata valoare a Spirulinei". *J. Agric. Food Chim.* 68, 4109–4115. doi:10.1021/acs.jafc.9b08251
- [18] M. Demarco, J. Oliveira De Moraes, Â. P. Matos, R. B. Derner, F. De Farias Neves și G. Tribuzi, (2022). "Digestibilitatea, bioaccesibilitatea și bioactivitatea compușilor din alge". *Trends Food Sci. Tehnol.* 121, 114–128. doi:10.1016/j.tifs.2022.02.004
- [19] N. Nachal, J. A. Moses, P. Karthikand, C., Anandharamkrishnan, 2019. "Applications of 3D printing in food processing". *Food Engineering Reviews*, 11(3), pp.123-141.
- [20] Z. Liu, M. Zhang, B. Bhandari and Y. Wang, 2017. "3D printing: Printing precision and application in food sector". *Trends in Food Science & Technology*, 69, pp.83-94.
- [21] <https://phys.org/news/2010-07-cornucopia-food-printer.html>
- [22] H. Handral, S. Hua Tay, W. Wan Chan and D. Choudhury, 2022. "3D Printing of cultured meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(1), pp.272-281.
- [23] A. Kumar, M. Hasan, S. Mangaraj, M. Pravitha, D. K. Verma, and P. P. Srivastav, 2022. "Trends in edible packaging films and its prospective future in food: a review". *Applied Food Research*, 2(1), p.100118.
- [24] K. J. Groh, T. Backhaus, B. Carney-Almroth, B. Geueke, P. A. Inostroza, A. Lennquist, H. A. Leslie, M. Maffini, D. Slunge, L. Trasande, and A.M. Warhurst, 2019. "Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards". *Science of the total environment*, 651, pp.3253-3268.
- [25] P. Cazón, G. Velazquez, J. A. Ramírez and M. Vázquez, 2017. "Polysaccharide-based films and coatings for food packaging": A review. *Food Hydrocolloids*, 68, pp.136-148.
- [26] C. G. Otoni, R. J. Avena-Bustillos, C. W. Olsen, C. Bilbao-Sáinz and T. H. McHugh, 2016. "Mechanical and water barrier properties of isolated soy protein composite edible films as affected by carvacrol and cinnamaldehyde micro and nanoemulsions". *Food Hydrocolloids*, 57, pp.72-79.
- [27] M. Hasan, A. Kumar, C. Maheshwari, and S. Mangraj, 2020. "Biodegradable and edible film: A counter to plastic pollution".
- [28] B. Hassan, S.A.S. Chatha, A. I. Hussain, K. M. Zia, and N. Akhtar, 2018. "Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International journal of biological macromolecules*". 109, pp.1095-110

- [28] F. Debeaufort, J. A. Quezada-Gallo and A. Voilley, 1998. "Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review". *Critical Reviews in food science*, 38(4), pp.299-313
- [29] E. Tavassoli-Kafrani, H. Shekarchizadeh and M. Masoudpour-Behabadi 2016. "Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate polymers*", 137, pp.360-374
- [30] S. Galus and J. Kadzińska, 2015. "Food applications of emulsion-based edible films and coatings". *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), pp.273-283.
- [31] D. R. Kasai, D. Radhika, R. K. Chalannavar, R. B. Chougale and B. Mudigoudar, 2022. "A Study on Edible Polymer Films for Food Packaging Industry: Current Scenario and Advancements". In *Advances in Rheology of Materials*. IntechOpen.