



IFSC_1/19/TS3.2

Première Conférence internationale FAO/OMS/UA sur la sécurité sanitaire des aliments Addis-Abeba, 12-13 février 2019

Méthodes et modèles d'analyse innovants pour une sécurité sanitaire des aliments renforcée

Steven M. Musser, Center for Food Safety and Applied Nutrition, U.S. Food and Drug
Administration, États-Unis d'Amérique

Les produits alimentaires peuvent être altérés par tout un ensemble de contaminants chimiques ou microbiologiques à toutes les étapes de la chaîne de distribution. Afin de remédier aux problèmes liés aux contaminants alimentaires, les autorités de réglementation, les responsables de la santé publique et l'industrie alimentaire doivent continuellement investir dans des technologies nouvelles conduisant à des approches novatrices qui permettent de déterminer et de caractériser le risque de manière rapide et précise.

Les systèmes de suivi et de surveillance doivent être cohérents et évolutifs afin d'assurer l'application des normes de qualité et de sécurité sanitaire des aliments. La mondialisation des réseaux d'approvisionnement alimentaire, rendue possible en grande partie par des systèmes de transport rapides et fiables, a conduit à une augmentation considérable des importations selon une répartition géographique beaucoup plus étendue. La demande des consommateurs en aliments de plus en plus diversifiés a donné naissance à des systèmes agricoles et des systèmes de production alimentaire nouveaux, qui aboutissent souvent à cultiver et à produire des denrées dans des lieux où elles étaient jusqu'alors inconnues.

Ces changements dans la production alimentaire mondiale n'ont pas été sans incidences sur la qualité des aliments et les systèmes de sécurité sanitaire. La disponibilité et la qualité de l'eau utilisée pour la transformation des aliments et pour l'irrigation sont des exemples de la complexité de ces changements. Les nouvelles pratiques pourraient donner lieu à des sources nouvelles et insoupçonnées de contaminants alimentaires. Afin de remédier à ces problèmes, les systèmes nationaux et mondiaux de surveillance de la sécurité sanitaire des aliments doivent investir dans l'élaboration, la validation et la mise en œuvre de nouvelles solutions analytiques. Ces solutions supposent l'accès aux données, et créent un besoin nouveau d'échange de données d'analyse et de surveillance au sein de bases de données ouvertes, à l'échelle mondiale.

1.0 Techniques de contrôle rapide

1.1. Dispositifs compacts portatifs

Les dispositifs portatifs offrent un moyen peu coûteux de contrôler rapidement l'authenticité des produits de base réglementés, et de détecter la présence de produits adultérants utilisés dans un but économique. Parmi les progrès réalisés dans ce domaine, citons: 1) la spectroscopie infrarouge et la spectroscopie Raman - à l'aide d'instruments scientifiques aussi bien que

d'instruments disponibles sur le marché - qui servent à évaluer des produits de base sujets aux erreurs d'étiquetage (compléments nutritionnels, huile d'olive, par exemple) ou à détecter des analytes ou des composants qui pourraient être utilisés pour l'adultération des produits alimentaires (frelatage du lait en poudre, par exemple); 2) la spectrométrie de fluorescence des rayons X, qui permet de détecter la présence de métaux lourds dans les cosmétiques, les épices et les ustensiles de cuisson; 3) l'immuno-chromatographie sur bandelettes avec lecteur portatif, pour la quantification des toxines (notamment chez les crustacés et mollusques) et des résidus de médicaments (antibiotiques présents dans le lait, par exemple); 4) le nez électronique et l'analyse d'impédance bioélectrique, utilisées pour détecter la décomposition des produits comestibles de la mer; 5) une version modifiée de l'Arsenator, qui permet de détecter au champ la présence d'arsenic dans le riz.

1.2. Tests de spectrométrie de masse non-ciblés

Les chercheurs élaborent actuellement des procédures spécifiques destinées à l'analyse et au traitement des données LC-MS et applicables à différents types d'aliments. L'impact le plus important sera la création de bases de données spécifiques (pour les pesticides, par exemple) qui pourront être mises en commun et utilisées à l'échelle mondiale. Ces nouvelles bases de données font appel à la métabolomique pour déceler les tendances, les variations saisonnières et géographiques, et les similitudes existant entre les aliments. À l'avenir, il sera possible d'avoir recours à des algorithmes de prévision élaborés grâce à ces données et qui permettront de réduire les contaminations et de travailler sur des échantillons plus petits.

1.3. Accès mondial aux données de séquençage complet du génome

Les technologies de séquençage complet du génome et les données qu'elles génèrent ont révolutionné la surveillance des maladies infectieuses, le traçage des aliments et des ingrédients contaminés, et le repérage des foyers de contaminants au sein des installations de production alimentaire. Une meilleure compréhension du caractère mondial de la chaîne d'approvisionnement alimentaire et de la nécessité d'inclure des données de toutes origines a permis au réseau GenomeTrakr de la FDA, en collaboration avec la NIH et le NCBI, d'établir une base de données aux fins de la détection des agents pathogènes (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pathogens/>), qui permet de mieux rassembler des isolats provenant des aliments et de l'environnement, dans toute leur diversité et au niveau mondial. Cette base de données comprend actuellement des données de séquençage complet du génome fournies par les laboratoires de 12 pays. Elle contient également des informations et des analyses portant sur plus de 300 000 gènes issus de 22 types de pathogènes bactériens humains, qui peuvent être consultées et téléchargées. L'accès libre à cette base de données fournit aux scientifiques, aux fonctionnaires et aux producteurs d'aliments des outils qui leur permettent d'étudier l'étendue, l'origine potentielle et la répartition des agents pathogènes au sein de leurs systèmes alimentaires.

1.4. Applications des nanotechnologies

Les scientifiques travaillent à l'élaboration de tests robustes, peu coûteux et très sélectifs appliqués à la sécurité sanitaire des aliments. Les chercheurs utilisent les polymères à empreinte moléculaire (PEM), les aptamères et les points quantiques pour détecter des agents pathogènes d'origine alimentaire et des toxines. Des tests colorimétriques à base de nanoparticules ont été mis au point pour détecter la toxine du choléra à l'aide d'anticorps. D'autres tests ont également été élaborés pour la détection des microcystines et du gluten. La possibilité de créer des tests très spécifiques pour des problèmes particuliers permettrait aux pays de réduire les coûts des infrastructures nécessaires pour les analyses alimentaires. Le multiplexage peut cependant s'avérer difficile, et présenter une performance variable selon les matrices alimentaires.

2.0. Techniques à l'usage des consommateurs et de l'industrie

2.1. Dispositifs à l'usage des consommateurs

Les avancées récentes dans le domaine des technologies liées aux *smartphones* (communication sans fil, écrans tactiles, claviers virtuels, fonction GPS, processeurs rapides, scanners d'empreintes digitales et appareils photo/caméras perfectionnés, par exemple) ont permis la commercialisation de divers instruments compacts tels que des dispositifs analytiques portatifs et des outils destinés aux consommateurs. De tels dispositifs pourraient être mis au service de la sécurité sanitaire des aliments et de l'industrie partout dans le monde, afin de permettre un meilleur contrôle des aliments, des compléments nutritionnels et des médicaments. Leur mise en œuvre présente cependant certaines difficultés, notamment la nécessité de valider et de comprendre les capacités de détection et les limites de chacun des nombreux dispositifs disponibles. Les dispositifs destinés aux consommateurs doivent en outre faire l'objet d'une évaluation approfondie. En effet, leurs capacités analytiques sont réduites du fait de leur architecture simplifiée, et en outre la saisie et l'analyse des données sont effectuées sur une base nuagique par des utilisateurs qui ne sont pas des scientifiques. Les chercheurs ont testé certains dispositifs de ce type (SMART, Nima et ScIO), ainsi que les bandelettes utilisées pour la détection du gluten. Ces dispositifs fonctionnent presque tous, mais la complexité des aliments est parfois un obstacle. D'autre part, l'exécution correcte des tests au moyen de certains de ces dispositifs est actuellement très onéreuse.

2.2 Dispositifs à l'usage du secteur alimentaire

Les outils à l'usage de l'industrie alimentaire permettent aux installations de transformation des aliments de détecter rapidement de nombreux types d'anomalies grâce à des équipements d'inspection visuelle dotés d'une mécanique avancée; par exemple afin de vérifier que les bonnes étiquettes ont été placées au bon endroit, ou de vérifier à ce que les bouteilles ne sont ni brisées ni ébréchées et sont remplies jusqu'au niveau voulu. Ces techniques d'inspection sont plus précises et plus rapides que l'inspection manuelle. Elles permettent de réaliser des économies et de détecter les dérapages en amont de la chaîne. Elles offrent notamment la possibilité de contrôles «réflexifs» continus qui permettront d'améliorer la sécurité sanitaire des aliments grâce à une surveillance accrue, une stratégie qui pourrait également profiter à toutes les technologies évoquées précédemment.

2.3 Laboratoires mobiles

L'espace requis pour le matériel moléculaire lui-même s'est étonnamment réduit mais ce n'est pas le cas de l'espace opérationnel nécessaire pour effectuer les analyses. En effet, des moyens accessoires sont indispensables pour une utilisation efficace d'instruments modernes qui tiennent dans la main: alimentation électrique, entreposage respectant la chaîne du froid, capacités de calcul, banc de travail stable, stratégies d'élimination des déchets toxiques et autres moyens logistiques. Pour remédier à ce problème, des laboratoires complets de la taille d'une valise ont été mis au point afin de fournir l'ensemble du matériel nécessaire aux opérations. Un laboratoire faisant aussi office de banc de travail a été conçu de façon à permettre l'utilisation sur le terrain de technologies génomiques rapides.

3.0 Innovations à grande échelle

3.1 Génomique environnementale

La génomique environnementale pourrait servir d'outil pour la détection rapide des agents pathogènes présents dans les échantillons prélevés dans les aliments et dans l'environnement. Ces méthodes sont applicables aux agents pathogènes, tant connus qu'inconnus, et peuvent en même temps servir à la détection de nombreux produits adultérants. Certaines caractéristiques importantes des souches de microorganismes peuvent également être mises en évidence à partir d'échantillons enrichis, notamment les facteurs de virulence, la résistance aux antimicrobiens et

les sérotypes, ce qui permet d'identifier les agents pathogènes au moment où ceux-ci sont prélevés dans le milieu. Du fait que cette technologie de séquençage n'exige pas de culture, elle permet de répertorier de nombreux sous-types d'un agent pathogène par le biais d'une procédure non interrompue, comme cela a été le cas par exemple lors de l'épidémie de salmonellose liée à la papaye, qui a été attribuée à plusieurs sérotypes de la bactérie. Ces méthodes peuvent fournir aux industriels des renseignements sur les risques avant qu'un produit n'entre dans la chaîne de production, notamment en leur permettant de détecter les agents pathogènes d'origine alimentaire et les microorganismes indicateurs susceptibles de poser problème aux niveaux de la qualité (dégradation) et de la sécurité sanitaire (contamination) des aliments. Ces méthodes peuvent également être utilisées pour valider les données de traçage et les activités de surveillance en cas d'épidémie. Elles permettent d'étudier les microbiomes alimentaires susceptibles d'influencer la qualité et la valeur nutritionnelle de notre alimentation, ou d'interagir avec nos microbiomes intestinaux et de les altérer.

3.2 Bioinformatique et analyse de données

L'accumulation et la comparaison directe des données issues des technologies évoquées précédemment peuvent constituer des mégadonnées, à condition que suffisamment d'informations (données techniques ou métadonnées) soient échangées à l'échelle mondiale. Des processus d'harmonisation, de normalisation et de validation à long terme, qui doivent être soigneusement planifiés et coordonnés, sont indispensables à un échange efficace de données à l'échelle mondiale. Les organisations mondiales peuvent fournir des mécanismes permettant de coordonner l'effort collectif. Les bases de données peuvent provenir de la simple validation de nouvelles technologies par un laboratoire unique avec mise en commun directe des résultats, y compris les faux-positifs et les faux-négatifs, ainsi que des mesures de sensibilité et de spécificité visant à déterminer l'aptitude aux fins recherchées. La tendance actuelle en matière d'analyse des mégadonnées est cependant d'intégrer et d'analyser des données en provenance de bases de données multiples. Cette approche nécessite la mise en commun des données numériques obtenues et l'harmonisation des méthodes de collecte des données, afin que les analyses puissent fonctionner de manière efficace. Si les laboratoires choisissent d'échanger leurs méthodes en plus de leurs données, les mégadonnées peuvent alors être utilisées pour étudier à l'échelle mondiale des tendances générales qui pourraient avoir été masquées au niveau local. L'échange des mégadonnées peut permettre de faire ressortir des tendances communes dues au tourisme et au commerce internationaux, et de repérer les problèmes émergents en matière de sécurité sanitaire des aliments. Les mégadonnées peuvent aussi être utilisées dans les modèles d'évaluation et de gestion des risques pour que les organisations gouvernementales compétentes puissent déterminer les risques qui exigent une action prioritaire.