



L'INDUSTRIE DES FRUITS ET LÉGUMES - SÉRIE



SÉRIE OCDE-COLEACP SUR L'INDUSTRIE DES FRUITS ET LÉGUMES

**Session 3 - Innovations technologiques
pour le contrôle de la qualité des fruits et légumes**

23 mai 2022 - 10h00-11h30 CET

En ligne ([Zoom](#))

1. Contexte

La qualité et la fraîcheur des fruits et légumes (F&L) sont d'une importance capitale pour les consommateurs et déterminent le prix de vente des produits. Le contrôle de la qualité est essentiel dans la vente au détail de produits frais, car la qualité prévaut souvent sur le prix et la réduction du gaspillage alimentaire est cruciale.

D'importants investissements en capital ont été réalisés pour répondre à l'évolution de la demande des consommateurs en faveur d'aliments plus sûrs et de meilleure qualité. L'industrie alimentaire doit également contribuer à fournir des aliments mieux produits, distribués, stockés et vendus au détail, qui répondent aux normes sociales et environnementales, et innover en permanence pour répondre efficacement aux attentes croissantes des consommateurs.

On peut distinguer entre les techniques de conservation des aliments traditionnelles et émergentes. Les techniques traditionnelles sont basées sur les effets de la température, la réduction de l'activité de l'eau ou du pH, ou l'ajout de conservateurs. Les technologies de conservation des aliments émergentes ou nouvelles sont basées sur d'autres processus.¹

Quatre domaines dans lesquels des avancées significatives en matière de maintien de la qualité ont été réalisées au cours de la dernière décennie sont les suivants : (i) l'inhibition de l'action de l'éthylène avec le 1-méthylcyclopropène ; (ii) les traitements post-récolte pour maintenir la qualité des produits frais coupés ; (iii) les technologies d'emballage sous atmosphère modifiée, actif et intelligent ; et (iv) la sélection croissante pour les traits de qualité post-récolte et la stabilité de la qualité dans les programmes de sélection des fruits et légumes.²

¹ Application de la science et de la technologie par l'industrie alimentaire et des boissons en Afrique du Sud. Lisa-Claire Ronquest-Ross ; Nick Vink ; Gunnar O. Sigge.

² https://www.ishs.org/ishs-article/875_1



Les principaux avantages des techniques traditionnelles de conservation des aliments sont les coûts opérationnels réduits, la sécurité et le fait qu'elles sont bien établies et largement utilisées. Les technologies de conservation émergentes ou nouvelles peuvent constituer un complément important aux procédés traditionnels existants pour certains aliments, mais leur utilisation est associée à certains risques qui doivent être évalués par les industries et les autorités réglementaires avant leur commercialisation. Avant que le développement, la mise en œuvre et l'adoption d'une nouvelle technologie, il convient d'évaluer l'acceptation par les consommateurs, la qualité du produit, l'efficacité de la conservation et la sécurité du produit final.³

La pression exercée sur l'allongement de la durée de conservation des produits, en particulier des produits frais, amène l'industrie à développer constamment de nouveaux produits.

2. Définir le contrôle de la qualité des fruits et légumes

Le contrôle de la qualité est une évaluation des F&L réalisée à différents niveaux et échelles pour déterminer s'ils se conforment de manière adéquate aux caractéristiques attendues afin d'être consommés. Un bon traitement dans le contrôle de la qualité permet aux produits d'arriver toujours frais et avec une bonne saveur au consommateur, en évitant les gaspillages en cours de route.

Les **caractéristiques externes** prises en compte dans un contrôle de qualité sont les suivantes :

- **La fermeté** : cette caractéristique aide à déterminer le degré de maturité d'un fruit, se vérifie habituellement sur le fruit dans le champ avec un pénétromètre directement.
- **Couleur** : il s'agit de l'une des caractéristiques les plus importantes, car elle donne au consommateur l'impression que le produit est de bonne qualité.
- **Morphologie** : cela comprend tout ce qui concerne la forme physique du fruit ou du légume, comme la taille, le poids ou la courbure. Des instruments tels que des balances, des calibreuses et des mètres à ruban sont utilisés pour effectuer cette mesure.
- **L'odeur** : l'arôme que dégage le fruit peut être déterminant pour certains fruits, tels les agrumes. Cette odeur provient de substances aromatiques présentes tant dans la peau que dans la pulpe. Actuellement, la technologie permet de la mesurer avec une chromatographie en phase gazeuse combinée à la spectrométrie de masse.

Les **caractéristiques internes** comprennent :

- **Solides solubles** : cette mesure est effectuée avec un réfractomètre et permet de connaître la quantité de sucre présente dans un échantillon, normalement connue sous le nom d'échelle de Brix. Ce nombre permet non seulement de connaître la quantité de sucres, mais indique également la maturité du fruit et indique le meilleur moment pour le récolter.
- **Acidité** : elle est obtenue à travers le jus du fruit avec une électrode de pH. En plus de connaître le niveau d'acidité présent dans le produit, il est possible de connaître la probabilité de prolifération des microbes, puisque ce facteur affecte directement la facilité avec laquelle les agents externes peuvent entrer.⁴

³ Rodrigo, Dolores & Sampedro, Fernando & Silva, A. & Palop, Alfredo & Martínez, Antonio. (2010). Les nouvelles technologies de transformation des aliments comme paradigme de la sécurité et de la qualité. *British Food Journal - BR FOOD J.* 112, 467-475. 10.1108/00070701080001384.

⁴ [Consentio](#). Mai 2021.



Les pertes de qualité des fruits et légumes frais résultent souvent d'une utilisation inappropriée des technologies post-récolte, d'une mauvaise manipulation lors du transport ou des technologies de conservation post-récolte inadéquates. À chaque étape de la chaîne d'approvisionnement (centre de conditionnement, chambres froides, centre de pré-refroidissement, transport frigorifique et distribution), des technologies de conservation innovantes permettent aux produits frais de conserver leur qualité et leurs caractéristiques nutritionnelles.⁵

3. Quelques exemples de solutions technologiques pour le contrôle de la qualité

La majorité des techniques appliquées pour évaluer la qualité des cultures horticoles et des céréales sont invasives car elles mesurent à la fois leurs caractéristiques internes et externes. Actuellement, diverses techniques optiques, électriques, aérodynamiques et mécaniques non invasives gagnent en importance en raison de leur facilité d'utilisation, de leur rapidité, de leur fiabilité et de leur nature robuste. Certaines méthodes émergentes sont actuellement appliquées dans des organismes de recherche, des laboratoires et des unités de transformation alimentaire, tandis que d'autres techniques doivent encore atteindre une phase avancée.

Les études sur l'utilisation de techniques non destructives, notamment la résonance magnétique nucléaire, la spectroscopie dans le proche infrarouge (near infraRed spectroscopy, NIR), la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier, l'imagerie hyperspectrale, la tomographie à rayons X informatisée, le nez électronique et le système de vision par ordinateur, pour les industries de transformation des fruits, des légumes et des céréales sont résumées par Rifna et al.⁶

Diverses technologies émergentes et non conventionnelles (par exemple, le séchage par champ électrique pulsé, par lumière pulsée, par ultrasons, par haute pression et par micro-ondes) permettent le traitement des F&L, augmentant leur stabilité tout en préservant leurs nutriments thermolabiles, leur saveur, leur texture et leur qualité générale. Certaines de ces technologies peuvent également être utilisées pour la valorisation des déchets et des sous-produits.⁷

Il existe de nombreuses innovations technologiques en cours menées par des entreprises du secteur privé ou des programmes de recherche et nous ne pouvons pas toutes les énumérer.

Des chercheurs travaillent sur une nouvelle **solution numérique** pour suivre en temps réel les changements de qualité des produits frais F&L. Cette solution peut réduire le gaspillage alimentaire en informant numériquement les entreprises des changements de qualité et des pertes ultérieures potentielles.

L'effet différé des conditions de stockage a un impact sur la qualité des fruits et légumes frais, ce qui génère du gaspillage alimentaire. Alors que les consommateurs ne peuvent pas, en général, remarquer, lors de l'achat, que le produit a été stocké dans des conditions inappropriées, ils ne pourront pas les conserver aussi longtemps qu'attendu après les avoir achetés (par exemple, 1 à 2 jours au lieu de 5 à 6 jours pour les fraises).⁸

⁵ Pace, B., & Cefola, M. (2021). Technologie de conservation innovante pour les fruits et légumes frais. *Foods* (Bâle, Suisse), 10(4), 719. <https://doi.org/10.3390/foods10040719>

⁶ Rifna E.J., Madhuresh Dwivedi, Chapitre 7 - Emerging nondestructive technologies for quality assessment of fruits, vegetables, and cereals, Editeur(s) : Charis M. Galanakis, Food Losses, Sustainable Postharvest and Food Technologies, Academic Press, 2021, Pages 219-253.

⁷ Sécurité, qualité et transformation des fruits et légumes Urszula Tylewicz, Silvia Tappi, Małgorzata Nowacka et Artur Wiktor. MDPI. 2019.

⁸ Prenons l'exemple des fraises. Si les fruits sont transportés de manière optimale à 1 °C et sous une humidité relative élevée, ils peuvent être conservés au réfrigérateur chez le consommateur pendant 5 à 6 jours. Ceci à



Prédire la qualité des produits et la durée de conservation en surveillant les conditions de stockage dans la chaîne d'approvisionnement, en installant des capteurs dans les camions ou sur les boîtes contenant les produits sont des pratiques utiles bien connues.

L'emballage joue un rôle important dans le processus de fabrication des aliments en rendant les aliments emballés plus pratiques, en prolongeant leur durée de conservation, en permettant leur distribution sur de vastes territoires tout en préservant la qualité et la sécurité alimentaire, en assurant le confinement, le marketing, l'information et la traçabilité. Pour répondre à l'énorme demande d'aliments transformés ayant une durée de conservation plus longue, diverses nouvelles méthodes d'emballage sont utilisées dans l'industrie agroalimentaire. L'emballage peut gérer l'oxygène dans l'emballage par le biais d'insufflations de gaz, en contrôlant l'atmosphère interne ou l'emballage sous atmosphère modifiée et le vide, et en permettant l'étiquetage propre des produits sans conservateurs. **L'emballage intelligent** est un terme utilisé pour décrire un emballage qui est actif ou intelligent et qui fournit des informations à l'utilisateur par l'absorption ou la libération de substances dans les aliments ou l'environnement. La nanotechnologie a été saluée comme la révolution industrielle du 21^{ème} siècle et a été appliquée à l'emballage alimentaire pour améliorer les propriétés de barrière et fournir des surfaces actives antimicrobiennes et antifongiques, des propriétés de résistance mécanique et thermique, la détection et la signalisation des changements microbiologiques et biochimiques, des objectifs de traçabilité et la surveillance et la réparation des déchirures dans l'emballage.⁹

Les produits frais sont plus sensibles aux organismes pathogènes en raison de l'augmentation du taux de respiration après la récolte. La respiration des F&L frais peut être réduite par de nombreuses techniques de conservation. La technologie du conditionnement sous atmosphère modifiée (Modified atmosphere packaging, MAP) est largement utilisée pour les F&L peu transformés, y compris les légumes frais "prêts à l'emploi". Des recherches approfondies sont menées dans ce domaine depuis plusieurs décennies.¹⁰ La MAP consiste à modifier l'atmosphère entourant le produit à l'intérieur de l'emballage. Cela permet de contrôler les réactions chimiques, enzymatiques ou microbiologiques et donc de réduire ou d'éliminer les principaux processus de détérioration du produit. L'emballage a généralement une faible perméabilité aux gaz, de sorte que les concentrations initiales des gaz ajoutés restent inchangées après le scellement de l'emballage. Le MAP peut être utilisé pour prolonger la durée de conservation de nombreux fruits et légumes. La plupart des F&L vieillissent moins rapidement lorsque le niveau d'oxygène dans l'atmosphère qui les entoure est réduit.

condition que le consommateur les achète immédiatement après leur arrivée au supermarché, explique Alexandru Luca. Toutefois, si le système de refroidissement du transport est hors d'usage ou n'est pas contrôlé de manière adéquate, les fraises peuvent être belles lorsqu'elles arrivent chez le distributeur, mais le consommateur qui les achète ne peut les conserver qu'un ou deux jours chez lui. Si les fruits ne sont pas achetés immédiatement, ils peuvent se transformer directement en déchets alimentaires chez le distributeur ou peu après l'achat. Il est difficile de réagir en temps utile si les distributeurs et les consommateurs ne reçoivent pas d'informations sur les conditions de stockage non optimales au cours de la chaîne d'approvisionnement et leurs effets sur la durée de conservation résiduelle.

Alexandru Luca, du département des sciences alimentaires de l'université d'Aarhus, est le chef d'activité du projet DigiFresh, qui est financé par l'Institut européen d'innovation et de technologie (EIT Food).

⁹ Sonneveld, Kees. (2000). What drives (food) packaging innovation ? Technologie et science de l'emballage. 13. 29-35. 10.1002/(SICI)1099-1522(200001/02)13:1<29::AID-PTS489>3.0.CO;2-R.

¹⁰ Sandhya, Modified atmosphere packaging of fresh produce : Current status and future needs, LWT - Food Science and Technology, Volume 43, Issue 3, 2010, Pages 381-392.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643809001546>

Pinto, Loris & Palma, Amedeo & Cefola, Maria & Pace, Bernardo & d'aquino, Salvatore & Carboni, Cristian & Baruzzi, Federico. (2020). Effet du conditionnement sous atmosphère modifiée (MAP) et du traitement de préemballage à l'ozone gazeux sur la qualité physico-chimique, microbiologique et sensorielle des fruits à petits grains. Emballage alimentaire et durée de conservation. 26. 100573. 10.1016/j.fpsl.2020.100573.



Les progrès de la technologie de l'emballage rend nécessaire d'atteindre un équilibre entre la protection des aliments et les coûts de l'énergie et des matériaux, les préoccupations sociales et environnementales croissantes, les réglementations strictes sur les polluants et l'élimination des déchets solides. La réduction, la réutilisation et le recyclage sont les principales initiatives visant à réduire l'impact environnemental des emballages. En ce qui concerne les matériaux d'emballage alternatifs, les polymères biodégradables et renouvelables font l'objet de recherches approfondies, la cellophane étant le matériau le plus courant.

Les progrès réalisés par les fabricants de denrées alimentaires en matière de sécurité alimentaire et de gestion de la qualité sont principalement dus au renforcement des normes publiques et privées. Le contrôle des risques alimentaires (biologiques, chimiques et physiques) par les fabricants d'aliments a été entrepris par le biais de l'analyse des risques et des points de contrôle critiques (Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP), qui est une approche scientifique visant à identifier et à établir des mesures de contrôle pour des risques spécifiques. Les contaminants présents dans les produits doivent être inspectés et éliminés et les progrès technologiques tels que les systèmes de vision ou de rayons X à spectre électromagnétique ont permis de mettre au point une méthode non destructive pour y parvenir. L'imagerie hyperspectrale est une autre méthode d'inspection pour l'analyse de la composition chimique des produits alimentaires, permettant d'examiner les conditions de maladie, la maturité, la dureté/tendresse, le classement ou la contamination.¹¹

Les systèmes de contrôle de l'hygiène doivent être appliqués tout au long de la chaîne alimentaire et, plus particulièrement, à la conception adéquate des produits et des processus du point de vue des fabricants de produits alimentaires. La traçabilité de tout produit alimentaire de la production à la distribution est essentielle car les consommateurs accordent une grande importance à la qualité dans le cadre de chaînes d'approvisionnement plus complexes. Cette traçabilité peut être assurée par des codes-barres ou par l'identification par radiofréquence.

En ce qui concerne les stocks et la distribution, des exemples tels que la mise en œuvre de systèmes de gestion d'entrepôt, la modernisation de la réfrigération et des entrepôts frigorifiques et la création de nouveaux centres de distribution plus grands et plus durables ont été signalés. En ce qui concerne la préparation et la manutention des matériaux, on peut citer l'automatisation, les équipements de dépalettisation et de palettisation, le convoyeur et les rayonnages mobiles.¹²

4. La voie à suivre

Les consommateurs sont de plus en plus demandeurs de produits alimentaires pratiques et de haute qualité, aux arômes et goûts naturels, sans additifs ni conservateurs. Le défi pour l'industrie des F&L est donc de développer de tels produits en tenant compte des aspects de qualité et de sécurité ainsi que de l'acceptation par les consommateurs. Le traitement émergent et non conventionnel des F&L est de plus en plus étudié afin de développer des produits riches en composés bioactifs, tout en prêtant attention à la valorisation des déchets et des sous-produits.¹³

Le défi reste la mise en œuvre à l'échelle, le coût et l'accès par les opérateurs des pays en développement exportant vers les marchés internationaux. Les demandes de contrôle de qualité plus poussé devraient aller de pair avec des technologies abordables permettant aux

¹¹ http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532018000500017&lng=pt&nrm=iso

¹² http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532018000500017&lng=pt&nrm=iso

¹³ Sécurité, qualité et transformation des fruits et légumes Urszula Tylewicz, Silvia Tappi, Małgorzata Nowacka et Artur Wiktor. MDPI. 2019.



acteurs de la chaîne de valeur de fournir la qualité attendue. L'adoption de compétences appropriées reste également un défi.

5. Promouvoir une meilleure connaissance du secteur des F&L

Dans le cadre de l'Année internationale des fruits et légumes 2021 des Nations Unies (ONU), le COLEACP¹⁴, via ses programmes FFM SPS et FFM plus (financés par l'Union européenne (UE) et l'Organisation des États d'Afrique, des Caraïbes et du Pacifique (OEACP)), et le Programme Fruits et Légumes de l'OCDE¹⁵ de la Direction des échanges et de l'agriculture, ont lancé une série en ligne soulignant l'importance du secteur des F&L et ses différentes dimensions.

Les principaux objectifs de la série sont :

- partager la connaissance des marchés et des opérateurs travaillant sur les marchés des F&L locaux et à l'exportation
- comprendre la contribution du secteur des F&L à la production et à la consommation durables
- promouvoir la contribution des F&L à un régime alimentaire sain et nutritif
- Présenter les succès et les innovations des opérateurs du secteur privé dans l'UE et les pays du Sud et les leçons apprises.

La troisième session, qui se tiendra le 23 mai 2022, portera sur les innovations technologiques pour le contrôle de la qualité des F&L.

¹⁴ En tant qu'association à but non lucratif d'opérateurs du secteur privé, la mission du COLEACP est de développer un commerce inclusif et durable des fruits, légumes et produits alimentaires, en se concentrant sur le commerce des pays ACP entre eux et avec l'UE. <https://www.coleACP.org/>

¹⁵ Le système de l'OCDE pour les fruits et légumes favorise le commerce international en harmonisant la mise en œuvre et l'interprétation des normes de commercialisation. <https://www.oecd.org/agriculture/fruit-vegetables/>



SÉRIE OCDE-COLEACP SUR L'INDUSTRIE DES FRUITS ET LÉGUMES

Session 3 - Innovations technologiques pour le contrôle de la qualité des fruits et légumes

23 mai 2022 - 10h00-11h30 CET

En ligne ([Zoom](#))

PROGRAMME

Modératrice : Isolina Boto, Responsable des Réseaux et Alliances, COLEACP

10:00-10:10 Bienvenue et introduction

10:10-10:40 Technologies pour le contrôle de la qualité

Ce panel discutera des défis et des opportunités en matière de contrôle de la qualité des F&L en mettant l'accent sur les normes, les codes-barres, la spectroscopie NIR et les techniques aquaphotomiques.

- Johan den Engelse, Analyste de données, Fresh Produce Centre et Consultant, FRUGICOM, Pays-Bas
- Karen Spruijt de Gelder, Responsable politique, Bureau du contrôle de la qualité (KCB), Pays-Bas
- Tiziana Maria Cattaneo, Chercheur, Conseil pour la recherche et l'économie agricoles (CREA), Italie

Session de questions-réponses

10:40-11:20 Le contrôle de la qualité des fruits et légumes : le point de vue des opérateurs

Ce panel présentera les expériences d'opérateurs de l'industrie des F&L qui mettent en œuvre des innovations pour améliorer le contrôle de la qualité des F&L.

- Rick Schot, Responsable développement commercial, Experience Fruit Quality, Pays-Bas
- Alexandru Luca, DigiFresh (Projet sur la Surveillance numérique de la fraîcheur des fruits et légumes, Digital monitoring of fruit & vegetable freshness) Consortium
- Wycliffe Arodi, Directeur Technique du groupe, Keitt Exporters Limited, Kenya

Session de questions-réponses

11:20-11:30 Conclusion et perspectives d'avenir

José Brambila-Macías et Marie Russel, Régime fruits et légumes (normes de qualité et de commercialisation), OCDE

