

Titre

Intérêt nutritionnel et santé de la cuisson aux microondes couplé à la micro-vapeur dans un four équipé de la cloche VAPOSANTE®

Auteurs :

Philippe Pouillart¹, Philippe Jacolot¹, Larbi Rhazi¹, Cyril Druon¹, Cécile Buche¹, Flore Dépeint^{1*}

Information sur les auteurs :

¹Institut Polytechnique UniLaSalle, 19 Rue Pierre Waguet, membre de l'équipe labellisée AERS PETALES (Procédés et Transformations Alimentaires et Leurs Effets sur la Santé) de l'unité Transformations et Agroressources Institut Polytechnique UniLaSalle, Université d'Artois, URL 7519, Beauvais, France.

*Contact : flore.depeint@unilasalle.fr

Remerciements : Ce travail n'aurait pas pu se faire sans la motivation du chef cuisinier Georges Pralus à faire avancer la science pour une cause médicale primordiale qu'est le cancer, lui-même décédé de cette maladie. Nous avons poursuivi son œuvre. Merci à Claire Laroche, Aude Tiravy, Maxime Doms, Elodie Gidoin, Pascal Chesnais, Marion Duvert, Laurine Peltot et François Buche qui se sont relayés tout au long de ce programme d'étude. Nous remercions tout particulièrement les patients pour leur implication dans la co-construction et la co-évaluation du programme NEODIA, dont les tests sur la cloche VAPOSANTE®.

Financement : Les travaux de recherche ont été financés par une subvention initiale du chef cuisinier Georges Pralus (Roanne, France), puis plus récemment par la société MILORD (Verberie, France).

Conflits d'intérêt : La société BMGL (La Croix Saint Ouen, France) est titulaire du brevet qui protège la cloche VAPOSAVEUR® encore appelée VAPOSANTE®, dont UniLaSalle est co-auteur. L'institut a souhaité céder ses droits. De fait, nous ne déclarons aucun conflit d'intérêt.

Mots-clés :

Four à micro-ondes, micro-vapeur, nutrition, santé, cuisine santé

Key words :

Microwave, micro-steam, nutrition, health, healthy cooking

Résumé

Objectif

La cloche VAPOSAVEUR® encore appelée VAPOSANTE®, est un accessoire de cuisson au four à micro-ondes qui produit une micro-vapeur. Elle est appréciée des malades du cancer qui recherchent des solutions culinaires pour atténuer les symptômes de la maladie. Cuisiner rapidement, sans odeur, en conservant les attributs organoleptiques des aliments sont leurs objectifs. Nous avons testé l'intérêt nutritionnel de cette cloche.

Matériel et méthodes

Nous avons comparé différents modes de cuisson en utilisant le brocoli et le saumon comme matrices alimentaires de référence. Ont été analysés différents nutriments en conditions isométriques de cuisson. Nous avons testé différents intercalaires, qui est un élément essentiel du caractère innovant de la cloche, pour optimiser son fonctionnement.

Résultats

Des tests ont permis de sélectionner la toile intercalaire IMFUM NATURE® qui présente les meilleures performances technologiques de rétention d'eau. La cuisson au VAPOSANTE® est le mode de

transformation qui altère le moins la couleur du brocoli et sa teneur en vitamine C, comparativement au cuiseur vapeur, à la cuisson à l'eau bouillante, ou en récipient fermé au micro-onde. Cette technologie permet un taux de freinte minimal du saumon et une préservation optimale des Tocophérols antioxydants comparée à une cuisson à la poêle ou au cuiseur vapeur.

Conclusion

L'odeur naturelle des aliments, leur jutosité, la brillance, la couleur d'origine conservées et une valeur nutritionnelle sont autant d'arguments qui expliquent que les plats paraissent plus appétissants. Ce sont des considérations importantes pour une personne fragile ou malade, plus généralement pour toute la population qui s'attache au caractère hédonique de l'acte culinaire.

Introduction

Dans beaucoup de pays, les patients traités pour un cancer ont la possibilité d'être accompagnés via l'offre de Soins Oncologiques de Support (SOS) pour des recommandations nutritionnelles et l'adaptation des pratiques alimentaires et culinaires tout au long de leur parcours de soins (1). En effet, les conséquences nutritionnelles et métaboliques au cours des cancers peuvent impacter gravement le pronostic et justifient que l'alimentation fasse partie intégrante des soins, face aux symptômes qui affectent très tôt la qualité de vie et accentuent le risque de dénutrition (2,3). Il a été montré un bénéfice probant à délivrer des conseils culinaires et alimentaires (4-8). Depuis 2010 suite à l'enquête NEODIA visant à observer le comportement alimentaire de 197 personnes en cours de traitement, notre équipe a engagé un programme de recherche translationnel incluant 10 malades experts (9). Les séances en laboratoire culinaire et d'analyse sensorielle ont permises d'édicter des recommandations, publiées essentiellement dans journaux de langue Française à destination des associations de malades, des praticiens de soins de support et des agents de la restauration collective (Tableau 1). Aujourd'hui encore elles sont en droite ligne avec les mises à jour réalisées par les consortiums d'experts internationaux (4,6,7,8) et sont utilisées dans des référentiels (10,11). Les malades éprouvent notamment des déviations du goût et des odeurs de cuisson sources de nausées et de vomissements, aussi que de la fatigue et des divers problèmes au niveau de la sphère orale (12-13). Ils recherchent de fait une cuisine simple, rapide, sans genèse de produits de Maillard odoriférants (Tableaux 1 et 2) (11,14-17). Les préférences alimentaires évoluent, les malades s'orientant vers les saveurs et le visuel naturel des aliments (17). Plus les conseils alimentaires et culinaires sont délivrés tôt et plus la personne adoptera facilement les bonnes postures lors de la manifestation des symptômes (18). Fruit de leur expérience relatée lors de l'enquête NEODIA, les malades ont souligné leur intérêt pour le four à micro-onde, regrettant néanmoins l'observation d'un dessèchement et un manque d'homogénéité de cuisson déjà documentés (17,19,20). Considéré par les industriels de l'agroalimentaire comme la meilleure énergie pour éliminer les bactéries indésirables, les micro-ondes apparaissent comme une bonne suggestion pour ces personnes à l'immunité fragile (20,21). Il existe plusieurs solutions techniques pour générer de la vapeur dans un four à micro-ondes domestique. Acheter un four combinant les deux énergies est onéreux. Placer un récipient d'eau à côté du plat à cuire est peu reproductible et dangereux. De nombreux patients préfèrent ne pas recourir à des sachets cuisson, même spécialement conçus pour le four à micro-ondes, de peur de générer une migration de particules plastiques dans l'aliment. Cuire l'aliment dans un récipient non métallique fermé ou operculé par un film étirable paraît plus sécuritaire. Au cours de notre veille bibliographique nous avons identifié l'existence de la cloche VAPOSAVEUR®, créée par Georges Pralus pour les chefs de cuisine gastronomique. Equipée d'un tissu absorbant saturé en eau qui vient s'intercaler dans un système de double cloche en plastique ne touchant jamais l'aliment (Figure 1), la micro-vapeur générée par les ondes permet d'obtenir des plats cuisinés à la juste tendreté recherchée et à la saveur naturelle dans des fours à micro-ondes domestiques ou professionnels, à énergie linéaire ou séquentielle.

Après des tests d'acceptation sensorielle par les malades, cet ustensile culinaire a été naturellement recommandé dans le site internet www.vite-fait-bienfaits.fr que les malades experts ont coconstruit avec notre équipe et plus récemment dans un guide pratique validé par nos pairs en 2019 (Tableau 1). Pour autant, nous avons souhaité apporter des modifications à cet ustensile culinaire en remplaçant le tissu d'origine réutilisable qui vieillit mal après de multiples lavages avec des produits détergeant par une toile absorbante à usage limité, sanitaire plus sécuritaire. Il est rapporté que le mauvais rinçage du tissu par mésusage est source d'odeur et de doute sur le transfert à l'aliment, inacceptable à domicile comme dans un établissement de restauration. Un autre objectif, profitant de cette amélioration technique, est d'approfondir les capacités de la cloche à respecter le profil nutritionnel des aliments. Nous avons conduit des essais culinaires comparatifs sur des matrices alimentaires végétales ou animales, en dosant des marqueurs nutritionnels de référence connus pour conférer un bénéfice santé à l'aliment.

Matériel et méthodes

Le brocoli

La fragilité de la fleur de brocoli place ce légume vert à feuille de la famille des crucifères comme matrice de référence pour doser la rétention de micronutriments spécifiques en fonction des modes de cuisson (22,23). Les analyses physico-chimiques sont réalisées sur un même lot de brocoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* cv. Parthenon). Ils sont cultivés dans le nord de la France en Picardie. Les têtes de brocoli ont été récoltées à maturité le même jour chez un producteur qui a garanti la provenance d'un même champ de culture, cueillis le même jour et conservées en chambre froide avant manipulation. Les essais comparatifs sont menés au cours d'une même journée. Après cuisson, les brocolis sont refroidis sur un lit de glace pendant 5 minutes pour stopper la cuisson et égouttés avant analyses des molécules d'intérêt. Des tests préliminaires ont déterminé que la juste cuisson du brocoli à 6.5 mm de profondeur des pieds de brocolis est objectivée par une force de coupe des pieds de brocolis à la base des fleurets avoisinant 1500 +/- 150 N avec un automate de laboratoire, comparée à l'état cru qui nécessite 2450 +/- 400 N. Cette texture est obtenue plus ou moins rapidement selon les modes de cuissons utilisés (Tableau III). La cuisson au cuiseur vapeur avec un démarrage à chaud prend 10 minutes. Plongé dans l'eau bouillante (dite cuisson à l'anglaise) la cuisson prend 8 minutes. Il faut 6 minutes au four à micro-ondes à 900 Watts pour cuire le brocoli dans un saladier en verre sans ajout d'eau, fermé par film étirable. Il faut 6 minutes de cuisson à la cloche VAPOSAVEUR®, équipée de l'IMFUM NATURE® préchauffé 90 secondes à 900 Watts.

Le poisson

Le saumon frais d'élevage Label Rouge d'Ecosse (*Salmo salar*) est dépecé et taillé en pavés de 3 cm au carré sur 12 cm de long, stockés à 3°C en l'attente de cuisson dans l'heure qui suit.

Type de four à micro-ondes

Nous utilisons un four domestique à micro-ondes séquentielles générées par un magnétron latéral pouvant développer 900 Watts, à plateau tournant. Dans certains tests ont été mesurées par fibre optique (FO) les puissances énergétiques incidentes (sortie du magnétron) et réfléchies (non consommée par le contenu du four), afin de calculer la puissance absorbée (différence entre les deux). Les relevés de températures au niveau de l'intercalaire ont été réalisés par infrarouge (IR).

Modes de cuisson comparatifs

Certains tests ont pour but de comparer différents modes de cuisson avec le VAPOSAVEUR®. Ils utilisent les technologies suivantes :

- la cuisson au cuiseur vapeur (cuiseur vapeur vertical domestique)
- la cuisson à l'anglaise (grand volume d'eau en casserole)

-la cuisson mixte au four à micro-ondes équipé d'un récipient en verre operculé d'un film étirable ; ce dispositif reprend, fin de se placer dans des conditions expérimentales standardisées, le principe des accessoires domestiques de différentes formes vendus dans le commerce.

Protocole de sélection de la toile absorbante idéale

Nous comparons des intercalaires absorbants jetables de texture différente en fibre végétale intissée, de qualité alimentaire et de poids surfacique allant de 25 g/m² à 300 g/m² : une référence commerciale (SG[®]), la TORJETTE (TORJ[®]), et l'IMFUM NATURE[®] selon le montage présenté en figure 1. Tous trois sont candidats pour remplacer la toile TENCEL[®] réutilisable de la cloche en soie tissée à partir de fibres de pulpe d'eucalyptus et de bambou. Les tests (n=10) sont effectués sur des disques d'intercalaires taillés à 37 cm de diamètre et utilisés en simple épaisseur ou en double épaisseur. Les produits neufs, n'ayant jamais servi, sont imbibés d'eau du robinet. Dans la même étude sont testés des toiles TENCEL[®] après 6 mois ou 12 mois d'un usage domestique à raison de trois utilisations par semaine à cuisiner (n=3). Les brocolis (100 g) sont cuits à cru au four à micro-ondes durant 5 minutes en cloche préchauffée à 900 Watts pendant 90 secondes selon les préconisations de l'inventeur. La perte en eau est évaluée par pesée à la balance de précision (différentiel entre le poids à sec de l'intercalaire et du poids en charge). La luminance et la couleur sont estimées visuellement, la tendreté par tranchage manuel au couteau.

Dosage de la vitamine C totale dans les brocolis

La vitamine C est un marqueur de référence très sensible pour caractériser la valeur antioxydante liée au bénéfice santé d'une matrice alimentaire (24). Le brocoli est classiquement utilisé comme matrice alimentaire de référence pour doser la rétention en vitamine C (25). L'extraction et le dosage de la vitamine C totale (acide ascorbique + acide déhydro-ascorbique) se réalisent en suivant 4 étapes, selon une adaptation de la méthode publiée en 1996 par Tessier et coll (26). L'extraction de la vitamine C, vitamine hydrosoluble, est réalisée dans l'acide métaphosphorique 5% afin de limiter les phénomènes d'oxydation de celle-ci avant les prochaines étapes de préparation. Un dérivé fluorescent est ensuite formé en présence de DiMéthyl-PhénylèneDiamine. Enfin, une analyse par HPLC couplée à une détection par fluorescence ($\lambda_{ex}-\lambda_{em} = 360-440nm$) est réalisée sur le dérivé. Les résultats (triplicate de 2 expérimentations, n=6) sont rapportés à la teneur en matière sèche et exprimés en % de perte de vitamine C par rapport au végétal cru. Brièvement, la teneur en matière sèche est mesurée avec une précision de 10⁻⁵ g sur une quantité de 10 g, par pesée différentielle avant et après séchage de 48h en étuve à 110°C. La teneur en matière sèche d'un échantillon est exprimée en pourcentage selon la formule: $MS = (masse \text{ échantillon sec} / masse \text{ échantillon frais}) \times 100$.

Caractérisation de la texture de brocolis

La force de coupe est réalisée avec un automate équipé d'un mobile de fracture WEDGES à une vitesse de 1mm/sec, avec une force de 5 kg et un angle de 30%. Les mesures de texture sont faites exclusivement sur la base des têtes de brocolis. Les données sont exprimées en grammes (g) de force de pénétration à 6.5 millimètres (mm) de profondeur dans le pied de brocoli. Triplicate de deux expérimentations (n=6).

Caractérisation de la couleur des brocolis

La couleur des fleurettes de brocoli a été mesurée à l'aide d'un colorimètre manuel à réflectance tristimulus (Chromameter II CR-200 ; Minolta, Osaka, Japon) et les résultats ont été exprimés en unités CIELab de la Commission internationale de l'éclairage (CIE) : L* (clarté), a* (rougeur) et b* (jaunisse). Des lectures en trois exemplaires ont été effectuées dans le cadre de deux expériences différentes (n=6) (27).

Dosage des acides gras et des tocophérols dans le poisson

Séries expérimentales

Les pavés de saumon sont cuits au naturel le temps nécessaire pour atteindre la température cuisatrice des protéines de 54°C à cœur. L'homogénéité des cuissons est objectivée par le dosage de l'hexanal. Ils sont ensuite conditionnés sous vide à 99.9 % sans exsudat et descendus en température en cellule de refroidissement en 15 minutes puis congelés à -20°C. Trois séries expérimentales sont comparées au témoin cru (4 analyses sur chaque échantillon) :

-poêle à revêtement antiadhésif préchauffée à blanc et cuisson induction

-cuisson vapeur domestique

-four à micro-ondes* équipé de la cloche VAPOSAVEUR® préchauffée 90 secondes (T° cuisson 450 Watts)

Dosage de l'hexanal

5 g de chaque échantillon frais et cuit ont été pesés avec précision dans des flacons de 20 ml, à couvercle vissé en verre transparent. Les flacons ont été fermés avec des bouchons en PTFE/silicone et vortexés. Les composés volatils ont été extraits par micro-extraction en phase solide (Supelco, Bellefonte, PA, USA) avec une fibre SPME de 2 cm revêtue de PDMS/DVB (polydiméthylsiloxane/divinylbenzène de 65 µm d'épaisseur). La fibre SPME a été exposée à l'espace de tête de l'échantillon pendant 40 minutes à 56 °C sous agitation. L'analyse GC-MS a été réalisée par TRACES 1310 GC (ThermoFisher Scientific, Courtaboeuf, France) avec une colonne ZB-5HT INFERNO (30 m × 0.25 mm, 0.25 µm). La température du four a été réglée à 40 °C pendant 1 min, programmée par une augmentation de la température à une vitesse de 3 °C min⁻¹ jusqu'à 230 °C, puis une augmentation de 20 °C min⁻¹ jusqu'à 250 °C pendant 4 min. La durée d'exécution a été de 70 minutes. L'hydrogène a été utilisé comme gaz vecteur à un débit constant de 0.7 mL min⁻¹ (mode splitless) et la désorption a été réglée à 250 °C pendant 3 min. La température de la source de spectrométrie de masse ISQ 7000 (ThermoFisher Scientific, Courtaboeuf, France) et de la ligne de transfert MS a été réglée à 280 et 260 °C respectivement. Toutes les analyses ont été effectuées en réglant l'énergie d'ionisation à 70 eV, la plage de balayage de masse étant de 35 à 500 m/z. Les identifications de pics ont été basées sur la comparaison des spectres de masse des inconnus avec ceux de la bibliothèque de spectres de masse du NIST.

Extraction des matières grasses

Les matières grasses sont extraites selon la méthode de Bligh & Dyer (1959) (28). Brièvement, environ 40 g de poisson sont mélangés à 150 mL de chloroforme/méthanol (v:v) puis mixés 2 minutes. Le mixage est poursuivi 60 secondes avec 75 mL d'eau distillée. Le mélange est filtré sous aspiration et sous azote sur un verre fritté n°3. L'extraction totale est assurée par l'ajout d'un mélange de solvants sur le rétentat, composé de chloroforme / méthanol / eau (2:2:1.8 v:v:v). La quantité finale d'eau dans le mélange est la somme de l'eau dans l'échantillon et l'eau ajoutée. Le mélange est mis à décanter en ampoule et la phase organique est recueillie dans un ballon taré après ajout de sulfate de sodium anhydre pour éliminer toute trace d'humidité. Le solvant est évaporé en évaporateur rotatif à 60°C.

Profils Acides Gras

La préparation des esters méthyliques d'acides gras par transestérification est effectuée en mélangeant 40 mg d'huile, 500 µL de chloroforme et 500 µL de Tétra Méthyl Ammonium Hydroxyde (TMAH) en solution dans le méthanol à 25% (m:v). La caractérisation des acides gras est effectuée par chromatographie en phase gazeuse de type avec détecteur à ionisation de flamme GC-FID Focus (Thermo Fischer Scientific, France) sur colonne BPX 90® E (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, SG® E Analytical Science, UK). La température initiale du four de 70 °C est maintenue 5 min après injection puis augmente jusqu'à 170 °C à raison de 15 °C/min, puis monte à 230 °C par paliers de 3 °C/min. Le volume d'injection est de 1 µL d'esters méthyliques d'acides gras en mode split (ratio de 1/14), véhiculé jusqu'au FID par le dihydrogène (H₂) avec un débit de 0.7 mL/min. Les composés sont identifiés par comparaison entre les temps de rétention d'un mélange de standards avec ceux de nos échantillons, en calculant la longueur de chaîne équivalente (ECL). Les compositions en acides gras sont exprimées

en pourcentages relatifs de leurs surfaces de pic par rapport à la surface de pic totale de l'ensemble des acides gras : % acide gras = $100 \times (\text{Aire du pic de l'acide gras}) / (\text{Somme des aires des pics})$.

Tocophérols

Les tocopherols (vit E) sont des marqueurs de référence très sensibles pour caractériser la valeur antioxydante liée au bénéfice santé d'une matrice alimentaire (29, 24). Le dosage chromatographique du tocophérol est réalisé par HPLC Ultimate 3000 (Thermo Fisher Scientific, France), sur une colonne Acclaim C30 (250 m x 4,6 mm x 5 µm, Thermo Fisher Scientific, France), à 30°C. La séparation est basée sur l'utilisation d'un gradient de solvant heptane : isopropanol (98.5:1.5 v:v), au débit de 1 mL/min. Le volume d'injection est de 25 µL. La teneur en tocophérols, comparée à une gamme d'étalons externes, est mesurée par fluorescence à la longueur d'onde d'excitation de 295 nm et une longueur d'onde d'émission de 340 nm.

Résultats

Etude comparative du pouvoir de rétention d'eau de différents intercalaires

Dans une étude préliminaire en conditions expérimentales standardisées (Cf. Matériel et méthodes), nous avons mesuré la capacité des intercalaires jetables à stocker l'eau, comparativement à la toile tissée TENCEL® lavable, de référence (Tableau II). Le TENCEL® à l'état neuf a un pouvoir de rétention d'eau de prêt de 390%. Après plusieurs mois d'un usage domestique à raison de trois utilisations par semaine à cuisiner, la toile perd de son efficacité, 379% à 6 mois et 377% à 12 mois. Le papier absorbant jetable SG® absorbe 680% à 655% de son poids selon qu'il est utilisé en un ou deux feuillets, TORJ® près de 700% dans les deux cas et IMFUM NATURE® plus de 720% dans les deux cas. Dans cette même étude qui a mis en œuvre la cuisson de brocolis avec un départ à chaud de la cloche selon les préconisations de l'inventeur, la capacité de la toile TENCEL® à protéger le dessèchement de l'aliment, à maintenir sa couleur verte d'origine et la tendreté (valeur estimative visuelle de l'opérateur), diminue à l'usage sur 12 mois (Tableau II). La toile absorbante IMFUM NATURE® en monocouche ou bicouche protège deux fois mieux les brocolis d'une perte en eau que le SG® et le TORJ®, conduisant à un moindre risque d'altération de la couleur, de la luminance et de la tendreté de l'aliment (Tableau II).

Détermination du temps de préchauffage idéal de la cloche VAPOSAVEUR® équipée de l'intercalaire IMFUM NATURE®

L'objectif est d'affiner par des données métriques précises les préconisations initiales de durée de préchauffage de la cloche délivrées par le chef cuisinier inventeur. Il s'agit de connaître comment l'énergie du four est utilisée en présence de la cloche VAPOSAVEUR® équipée de l'intercalaire IMFUM NATURE® disposée en double épaisseur. La Figure 2 montre que durant 90 secondes l'intercalaire absorbe la quasi-totalité de la puissance incidente (analyse infrarouge, n=3) pour atteindre 100 °C selon un coefficient de montée en température de 5.7 °C.s⁻¹. Alors que IMFUM NATURE® se maintient à 100°C, l'aliment expérimental monte en température à raison de 2.8 °C par seconde (analyse par fibre optique, n=3). Le rapport entre les deux cinétiques est de 2.04, montrant que IMFUM NATURE® absorbe 50% de la puissance incidente pour générer de la micro-vapeur. La seconde moitié de la puissance admise est absorbée par le produit pour son chauffage, l'ensemble caractérisant une cuisson mixte.

Etude comparative avec d'autres modes de cuisson de la capacité de la cloche VAPOSAVEUR® équipée de l'intercalaire IMFUM NATURE® à préserver les micronutriments d'intérêt pour la santé

Dosage de la vitamine C totale

Des tests préliminaires (Cf. Matériel et méthodes) ont déterminé que la juste cuisson du brocoli à 6.5 mm de profondeur des pieds de brocolis est objectivée par une force de coupe des pieds de brocolis à la base des fleurets avoisinant 1500 +/- 150 N, comparée à l'état cru qui nécessite 2450 +/- 400 N. Dans

nos conditions expérimentales standardisées (Cf Matériel et méthodes), sur 6 tests, nous observons que le brocoli cuit à la vapeur se concentre en eau 9.16 +/- 1.48 % et 17.5 +/- 1.9 à l'eau bouillante. Inversement, il perd 17.23 +/- 2.06 % dans la cloche VAPOSAVEUR® et 31.17% +/- 3.51 dans un récipient operculé par le film étirable. La Figure 3 montre que l'impact sur la couleur mesurée au scanner infra rouge est plus marqué lors d'une cuisson à la vapeur ou en récipient operculé respectivement. Le respect de la couleur verte du brocoli par une cuisson au VAPOSAVEUR® se caractérise par un Delta E de 10.98 +/- 2.48. La Figure 4 montre que la perte en vitamine C est contenue en dessous des 14%, alors que la perte la plus conséquente est observée avec la cuisson à l'eau bouillante, de près de 24%.

Dosage des Acides Gras et des Tocophérols

La recherche des acides gras et des tocophérols est conduite dans les filets de saumon cuits à la poêle, au cuiseur vapeur ou au VAPOSAVEUR® (Cf Matériel & méthode). Le dosage de l'hexanal, qui caractérise l'oxydation liée à une cuisson, apparaît dans toutes les séries expérimentales avec des concentrations du même ordre, démontre un même niveau de cuisson (Tableau IV). Le taux de perte de matière à la cuisson est du même ordre entre la cuisson au VAPOSAVEUR® équipé du papier IMFUM NATURE® et la cuisson au cuiseur vapeur (Tableau IV), alors que la cuisson à la poêle provoque une perte très marquée. Le tableau V montre que la cuisson au VAPOSAVEUR® équipé du papier IMFUM NATURE® maintient les niveaux de gamma et alpha-tocophérol aux mêmes concentrations que dans le poisson cru (99%), alors que les autres cuissons altèrent ces micro-nutriments de 15 à 30%. L'analyse des acides gras saturés C16:0 (Acide palmitique, n-9) et C18:0 (Acide stéarique, n-6), ainsi que des acides gras polyinsaturés C18:3 Acide α -linoléinique (n-3), C20:3 (Acide dihomo- γ -linoléinique, n-6) et C22:5 (Acide eicosapentaénoïque, n-3) montre que le profil nutritionnel est peu altéré par les différents modes de cuisson dans nos conditions expérimentales. Les écarts ne dépassent pas 5% sur les moyennes de 4 analyses, quel que soit l'acide gras. La cloche VAPOSAVEUR® préserve tout autant les acides gras poly-insaturés (AGPI) que les autres cuissons (Tableau VI).

Impact sur les temps de cuisson

Nous avons testé la cuisinabilité de la cloche VAPOSAVEUR® avec différents aliments de première gamme, cuisinés seuls ou en plats combinés. La tâche aurait été complexe de comparer avec précision les temps de cuisson obtenus avec la cloche VAPOSAVEUR® équipée de l'intercalaire IMFUM NATURE® en regard des différentes autres techniques traditionnelles. Pour l'heure, nous avons réalisé 100 recettes en notant les temps de cuisson avec la cloche et en comparant avec des données moyennes référencées dans des ouvrages de cuisine. Que ce soit avec les féculents, les fruits et légumes, les viandes de tous types, les poissons et les fruits de mer, la cloche VAPOSAVEUR® réduit considérablement les temps de cuissons de 20% à 300%. Le simple exemple de la cuisson d'un jarret de veau et ses petits légumes en 45 minutes à 450 Watts (au lieu de 1h45) est révélateur du « vite-fait-bienfaits » évoqué par les malades qui ont participé au programme de recherche. Un magret de canard avec la peau scarifiée, préalablement marqué à cru dans une poêle à feu très vif 2 minutes sur chaque face, peut être cuit au VAPOSAVEUR® en 4 minutes à 450 Watts pour une cuisson « rosée », 8 minutes pour une cuisson « à point », 12 minutes pour une cuisson « bien cuit ». Dans cet exemple, la poêle est équipée d'un manche totalement amovible afin de poursuivre la cuisson au micro-onde sans risque d'arc électrique. La cloche VAPOSAVEUR® protège les récipients métallique telle une cage de Faraday.

Discussion

Il existe encore de rares détracteurs du four à micro-ondes sur les réseaux sociaux accusé de porter préjudice à la santé de l'individu. Dans le cadre de notre programme de recherche en onconutrition, les malades nous expliquent qu'il ne faut pas se tromper d'ennemi en utilisant cet outil ménager si pratique au regard de leurs besoins nutritionnels et organoleptiques. Il est pourtant connu depuis longtemps que la cuisson au four à micro-ondes associé à la vapeur permet une meilleure rétention des micro-nutriments tels que la vitamine C dans les légumes comme le brocoli, aussi bien que dans les légumineuses ou les grains céréaliers, comparativement à une cuisson au micro-onde ou à la vapeur séparément, ou en casserole d'eau bouillante de façon encore plus différenciante (30).

Nous avons voulu valider l'intérêt nutritionnel de la cloche VAPOSAVEUR® inventée par le chef cuisinier Georges Pralus, jusqu'alors plébiscitée pour sa capacité à préserver la saveur des aliments, d'où son nom. Ce faisant, nous avons profité des avancées technologiques en matière de papier absorbant intissé pour remplacer la toile de tissu lavable originelle qui vieillit mal, présente un risque de résidu de produits lessiviels et a un prix de revient élevé du fait qu'elle soit cousue. Les tests préliminaires ont permis de sélectionner la toile IMFUM NATURE®, de poids surfacique de 45 g/m² et d'une épaisseur de 0.48 mm, capable d'absorber jusqu'à 720% de son poids en eau. En monocouche ou bicouche, il protège deux fois mieux les brocolis d'une perte en eau que les autres papiers absorbants testés, conduisant à observer un moindre risque d'altération de la couleur, de la luminance et de la tendreté de l'aliment.

Dans l'étude principale sur le brocoli, nous nous sommes placés dans des conditions expérimentales exigeantes, notamment en comparant la cloche avec la cuisson en saladier operculé qui utilise l'énergie des micro-ondes et celle de la vapeur issue de l'eau de végétation de l'aliment. A juste cuisson, validée par la tranchabilité mécanisée, nous montrons qu'une cuisson au VAPOSAVEUR® est le mode de transformation qui dégrade le moins la couleur verte du brocoli et sa teneur en vitamine C.

Dans les tests sur le poisson, à juste cuisson caractérisée par un même niveau de production d'hexanal, le taux de freinte est du même ordre entre la cuisson au VAPOSAVEUR® équipé de la toile IMFUM NATURE® et la cuisson au cuiseur vapeur, alors que la cuisson à la poêle provoque une perte très marquée. Le profil en acides gras polyinsaturés n'est pas altéré significativement par les cuissons. Par contre, la cloche est la seule cuisson à conserver la vitamine E aux vertus antioxydante à un taux équivalent au poisson cru.

L'usage de la cloche ne remet pas en question les consignes des nutritionnistes de cuire les matières premières végétales à pleine puissance énergétique et les matières animales à 450 Watts maximum (26). Les plats combinant un accompagnement végétal et une viande sont cuits à 450 Watts de préférence.

La possibilité de marquer une pièce de viande ou de poisson dans une poêle qui peut ensuite se placer sous la cloche VAPOSAVEUR® afin de terminer la cuisson au four à microondes est un point intéressant. L'usage domestique y verra une économie de vaisselle, alors qu'un professionnel de la restauration le mettra à profit économiquement.

Conclusion

L'odeur naturelle des aliments, leur jutosité, la brillance et la couleur d'origine conservées sont autant d'arguments qui expliquent que les plats paraissent plus appétissants. C'est une considération importante pour une personne fragile ou malade qui peut avoir perdu l'appétit, mais également pour tout à chacun qui recherche une valence hédonique, guidé par ces paramètres organoleptiques. La cuisson peu agressive au VAPOSAVEUR® grâce à la micro-vapeur instantanée, optimisée par la toile IMFUM NATURE®, permet de surcroît de respecter les micro-nutriments réputés anti-oxydants et de garder un très bon rendement de cuisson tout en atteignant les valeurs cuisatrices qui permettent à un aliment d'être digéré correctement. Au-delà du gain sur les temps de cuisson, l'économie d'énergie tient aussi au fait que ce mode de cuisson est moins énergivore qu'une cuisson traditionnelle. Eu égard à l'ensemble de ces considérations, ce dispositif a été rebaptisé VAPOSANTE® par le propriétaire de la marque.

Bibliographie

1 Chasen M, Ashbury F (2010). Nutrition as supportive care in the cancer experience -Editorial. Support Care Cancer 18(2):S11-S12, <https://doi.org/10.1007/s00520-009-0750-z>

2 Arends J (2018). Struggling with nutrition in patients with advanced cancer: nutrition and nourishment-focusing on metabolism and supportive care. Annals of Oncology 29(2):27-34, <https://doi.org/10.1093/annonc/mdy093>

- 3 Van Cutsem E and Arends J (2005). The causes and consequences of cancer-associated malnutrition. *Eur J Oncol Nurs* 9(2):51-63, <https://doi.org/10.1016/j.ejon.2005.09.007>
- 4 Ravasco P Nutrition in cancer patients (2019). *J Clin Med* 8(8):1211-1217, <https://doi.org/10.3390/jcm8081211>
- 5 Hébuterne X (2015). Nutrition and cancer: why take care of before 5% weight loss? *Nutr Clin & Metabol* 29:126-31, <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2015.02.001>
- 6 Guerdoux-Ninot E, Flori N, Janiszewski C et al (2019). Assessing dietary intake in accordance with guidelines: usefull correlations with ingesta-Verbal/Visual-Analogue Scale in medical oncology patients. *Clinical Nutr* 38(4):1027-1935, <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.06.974>
- 7 Arends J, Baracos V, Bertz H et al. (2017). ESPEN expert group recommendations for action against cancer-related malnutrition. *Clin Nutr Edinb Scotl* 36(5):1187-1196, <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.06.017>
- 8 Kim DH (2019). Nutritional issues in patients with cancer. *Intest Res* 17(4):455-462, <https://doi.org/10.5217/ir.2019.00076>
- 9 Pouillart P, Gidouin E, Froissy C (2016). Hospital catering service in cancer care units: patients' opinions. *Pratiques en nutrition* 46: 18-21, <http://dx.doi.org/10.4236/jct.2016.75038>
- 10 Guillemaud A, Pouillart P, Labrosse-Canat H et al (2017). Management of olfactory, gustatory and swallowing impairments in patients with head and neck cancer. *Nutrition clinique et metabol* 32:49-56, <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2017.10.001>
- 11 Pouillart P, Gidoïn-Dewulf E, Foissy C et al (2016). The Role of Cooking for Hospital Food Service in Cancer Care-Units: Nutrition Is a Supportive Care While Cooking Appears to Be a Prescription. *J. Cancer Therapy* 7:352-361, <https://doi.org/10.4236/jct.2016.75038>
- 12 Boltong A, Keast R (2012). The influence of chemotherapy on taste perception and food hedonics: a systematic review. *Cancer Treat Rev* 38:152–163, <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2011.04.008>.
- 13 Depeint F, Niamba CN, Illner AK et al (2018). Investigating the Modifications of Sugar Perception and Consumption in Cancer Patients, *Nutrition and Cancer* 70(7):1060-1068, <https://doi.org/10.1080/01635581.2018.1494844>
- 14 Sathiaraj E, Priya K ,Chakraborty S et al (2019). Patient-Centered Foodservice Model Improves Body Weight, Nutritional Intake and Patient Satisfaction in Patients Undergoing Cancer Treatment. *Nutrition and Cancer* 71(3):418-423, <https://doi.org/10.1080/01635581.2018.1506490>
- 15 Guerdoux-Ninot E, Kilgour RD, Janiszewski C et al (2016). Meal context and food preferences in cancer patients: results from a French self-report survey. *Springerplus* 5(1):810, <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2538-1>
- 16 Sathiaraj E, Priya K ,Chakraborty S et al (2019). Patient-Centered Foodservice Model Improves Body Weight, Nutritional Intake and Patient Satisfaction in Patients Undergoing Cancer Treatment. *Nutrition and Cancer* 71(3):418-423, <https://doi.org/10.1080/01635581.2018.1506490>
- 17 Pouillart P, Bendjaballah S, Laroche C et al. (2015). Cuisiner durant un cancer : ce que nous enseigne le groupe de recherche translationnelle NEODIA. *Nutrition et Endocrinol* 3: 127-135.
- 18 Pouillart P, Battu C (2018). The early treatment of side effects in oncology through a specific diet. *Act Pharma* 576:49-53, <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2018.03.011>
- 19 Colmet D'Âge V (2015). Chimiothérapie: des ateliers culinaires pour retrouver le plaisir de manger. *Nutrition infos*, 43: 34-17.
- 20 Laguerre JC, Mazen Hamoud-Agha M (2019). Microwave Heating for Food Preservation, In *Food Preservation and Waste Exploitation*, SA Socaci, AC Fraca, T Aussenac and JC Laguerre, 3: 35-52. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.82543Corpus>

- 21 Dababneh BF (2013). An innovative microwave process for microbial decontamination of spices and herbs African Journal of Microbiology Research, 7(8): 636-645. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.1487>
- 22 Wunderlich SM, Feldman C, Kane S, Hazhin T (2009). Nutritional quality of organic, conventional, and seasonally grown broccoli using vitamin C as a marker. Int J of Food Sc and Nutri, 34-45. <https://doi.org/10.1080/09637480701453637>
- 23 Bernhardt S, Schlich E (2006). Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. J of Food Engeniering, 77(2):v 327-333. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.040>
- 24 Venu S, Khushbu S, Santhi S, Rawson A, Sunil CK, Sureshkumar K (2019). Phytochemical Profile and Therapeutic Properties of Leafy Vegetables, Plant and Human Health, 26: 627-660. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03344-6>.
- 25 Barakat H, Rohn S (2014). Effect of different cooking methods on bioactive compounds in vegetarian, broccoli-based bars, J of Functional Foods, 11: 407-416, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.009>
- 26 Tessier F, Birlouez-Aragon, Tjani C, Guillard JC (1996). Validation of a micromethod for determining oxidized and reduced vitamin C in plasma by HPLC-fluorescence. Int J for Vitamin and Nutrition research. 66(2): 166-170.
- 27 Gonzalez-Hidalgo I, Moreno DA, Garcia-Viguera C and Ros-Garcı JM (2018). Effect of industrial freezing on the physical and nutritional quality traits in broccoli. Food science and technology international. 21(1): 56-65, <https://doi.org/10.1177/1082013218795807>
- 28 Bligh EG, WJ Dyer. A rapid method of total lipid extraction and purification (1959). Canadian J of Biochemistry and Physiology, 37(8), 911-917, <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- 29 Hwang ES, Kim GH (2012). Effects of various heating methods on glucosinolate, carotenoid and tocopherol concentrations in broccoli, Int Journal of Food Sciences and Nutrition, 64(1): 103-111, <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.704904>.
- 30 Schnepf M, Driskell J (1994). Sensory attributes and nutrient retention in selected vegetables prepared by conventional and microwave methods. J of Food Quality, <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1994.tb00135.x>

Tableau I - Transfert d'expertise du groupe de recherche translationnelle NEODIA vers les aidants directs et indirects (soignants, restauration hospitalière, associations de patients, proches-aidants à domicile).


Source bibliographique française	Thème éducatif
<p>Pouillart P (2022) Nutritions et Endocrinologie 20(102):96-99.</p> <p>Pouillart P, Pouillart M (2021) Revue de Médecine Générale et de Famille 17:53-58.</p> <p>Pouillart P, Foissy C, Branchu J et al (2020) Nutritions et Endocrinologie 18(93):71-74.</p> <p>Pouillart P (2019 republished in 2022) Privat Ed Toulouse, 258pp.</p> <p>Pouillart P (2017). Techniques hospitalières 65:56-8.</p> <p>Pouillart P, Bendjaballah S, Laroche C et al (2015) Nutritions et Endocrinologie 13(73):127-135.</p> <p>Pouillart P (2015). Cholédoc 146:1-4.</p> <p>https://vite-fait-bienfaits.fr</p> 	<p>La place du jeûne dans la vie d'une personne traitée pour un cancer : le sujet est-il toujours d'actualité ?</p> <p>Le concept de régime méditerranéen pour prévenir la dénutrition en oncologie.</p> <p>La phyto-nutrition comme outil de soins de support en oncologie pour atténuer les effets indésirables des traitements.</p> <p>Que manger pendant un cancer ?</p> <p>Dénutrition en oncologie : supplémentation protéino-énergétique, oui mais pas seulement.</p> <p>Cuisiner pendant le cancer : ce que nous apprend le groupe de recherche translationnelle NEODIA.</p> <p>Cancer : comportement alimentaire des patients et consommation de produits laitiers.</p> <p>Site web de la cuisine "Vite fait, bien fait avec bénéfice pour la santé".</p>

Tableau II - Etude de la corrélation entre le pouvoir de rétention d'eau de la cloche VAPOSAVEUR® et les caractéristiques culinaires attendues pour la cuisson du brocoli.

Type d'intercalaire entre les deux parois de la cloche VAPOSAVEUR®	Nombre de tests	Nombre de feuillets intercalaires	Poids sec de l'intercalaire g	Capacité de rétention d'eau de l'intercalaire g	Pouvoir de rétention d'eau de l'intercalaire %	Perte en eau du brocoli % *	Echantillons présentant une couleur verte altérée %*	Echantillons présentant une luminosité brillante %*	Echantillons présentant une tendreté égale à l'intercalaire TENCEL® neuf % *
TENCEL® 12 mois d'utilisation	3	1	17.4	65.8	377	16.7	60	40	40
TENCEL® 6 mois d'utilisation	3	1	18.4	69.9	379	13.9	40	50	80
TENCEL® neuf	10	1	19	73.8	388	8	0	100	/
SG® neuf	10	2	11	72	655	28	100	0	0
SG® neuf	10	1	5.5	37.4	680	34	100	0	0
TORJ® neuf	10	2	11	76.8	698	27	90	0	0
TORJ® neuf	10	1	5,5	38,3	697	32	100	0	0
IMFUM NATURE® neuf	10	2	11	79,9	727	13	0	100	100
IMFUM NATURE® neuf	10	1	5,5	39,6	721	17	50	30	30

(*) cuisson de 100 g de brocolis à cru au four à micro-ondes 5 minutes en cloche préchauffée à 900 Watts. Lecture visuelle de la couleur et de la brillance).



Figure 1 – Représentation schématique en perspective éclatée de la cloche VAPOSAVEUR®.

La cloche VAPOSAVEUR® est constituée d'une paroi en plastique translucide externe en polyéthylène/polypropylène perméable aux micro-ondes et étanche à l'air et à la vapeur d'eau (1). Elle présente sur sa face supérieure trois « points froid » de contact avec la toile absorbante, qui permettent continuellement de condenser la vapeur et de compenser la perte en eau de la toile durant la cuisson (2). Le pourtour dispose d'un grip pour faciliter la préhension (3). La paroi interne ajourée est conçue pour être perméable aux micro-ondes et pour laisser passer la vapeur d'eau (4). Elle dispose d'un rebord anti-goutte (5). La cloche amovible en polyéthylène/polypropylène est destinée, après humidification de la toile absorbant intercalaire en simple ou double épaisseur (6), à être placée sur un plat, une assiette ou une poêle métallique de forme adaptée à cette source d'énergie (avec manche

totalemment amovible) (7), contenant les aliments à chauffer de manière à définir une enceinte de chauffage générant de la vapeur (8). Les deux coques plastique sont clipsables entre-elles (9).

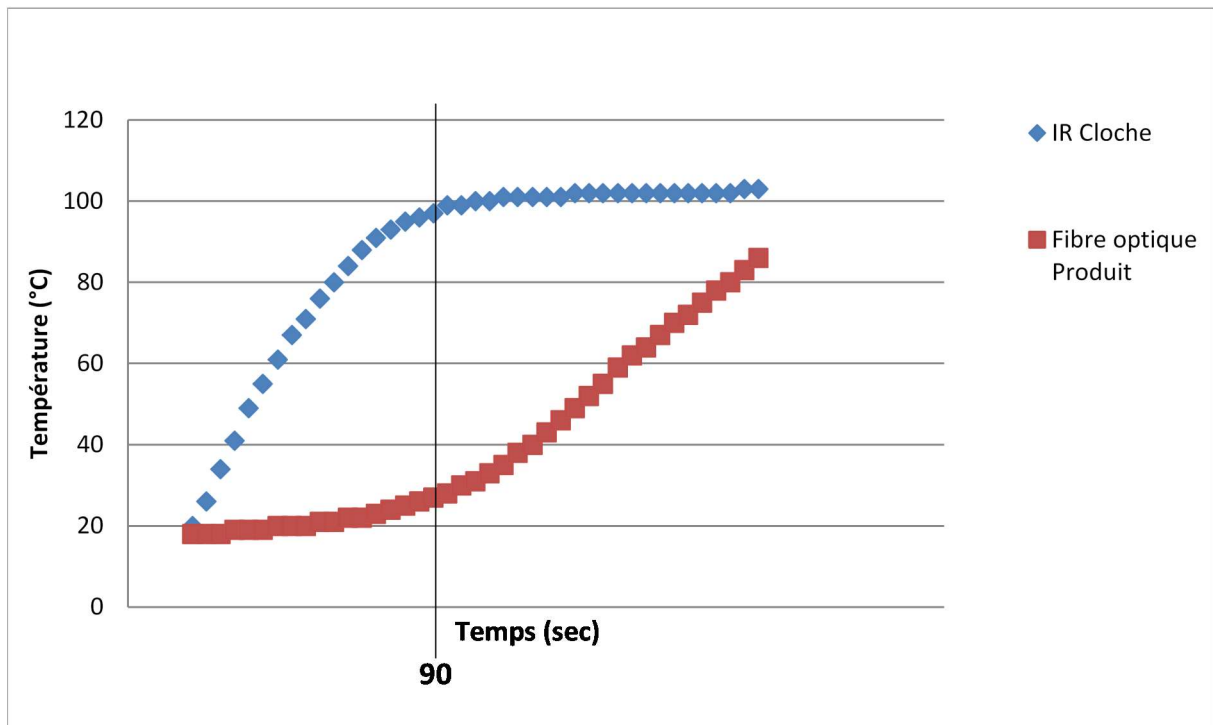
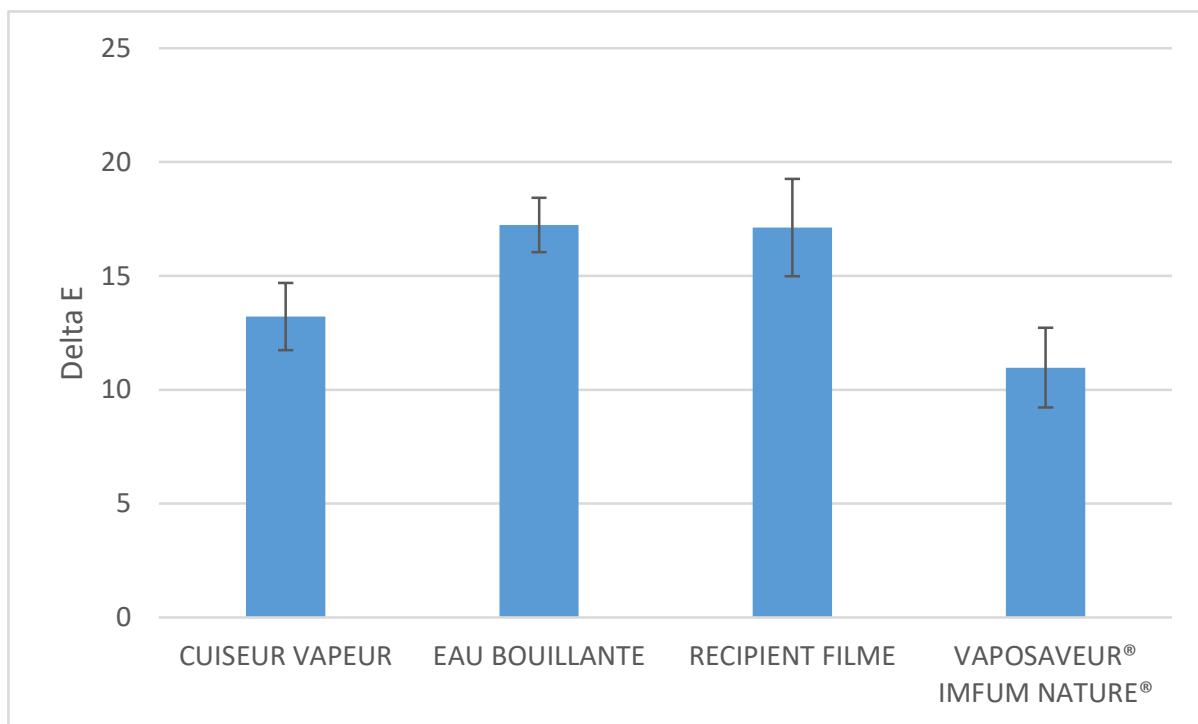
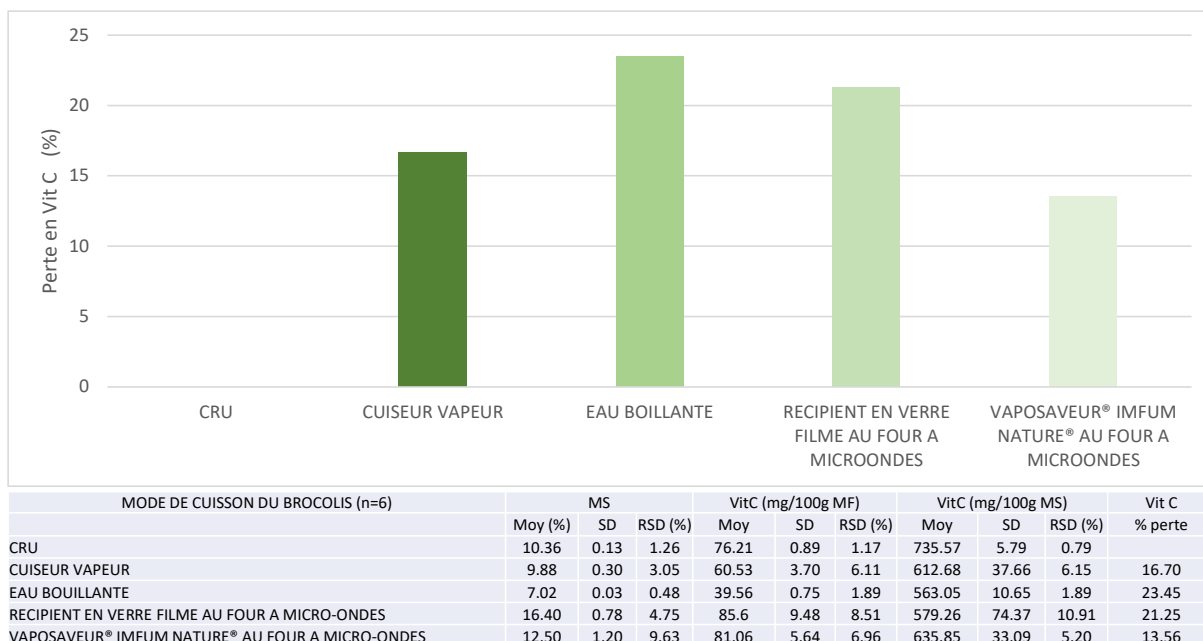


Figure 2 – Détermination du temps de préchauffage de la cloche VAPOSERVEUR® IMFUM NATURE® dans un four à micro-ondes domestique équipé d'une sonde infra rouge et d'une fibre optique.



MODE DE CUISSON DU BROCOLI (n=6)	L	a	b	Delta E
CRU	45.78 +/- 2.14	-11.45 +/--1.09	11.94 +/- 3.93	/
CUISEUR VAPEUR	35.99 +/- 3.05	-8.99 +/- 1.40	19.25 +/--3.58	13.21 +/- 1.47
EAU BOUILLANTE	30.61 +/--3.05	-16.41 +/- 3.13	16.28 +/--3.34	17.23 +/- 1.19
RECIPIENT EN VERRE FILME AU FOUR A MICRO-ONDE	29.39 +/- 1.34	-9.12+/--2.23	9.47 +/--3.41	17.12 +/- 2.13
VAPOSAVEUR® IMFUM NATURE® AU FOUR A MICRO-ONDE	35.41 +/- 2.34	-9.52 +/--1.34	10.56 +/--2.7	10.98 +/- 2.48

Figure 3 – Incidence des modes de cuisson sur la couleur des brocolis par le Delta E comparativement à l'état cru.



MS: Matière Sèche; MF: Matière Fraîche

Figure 4 – Incidence des modes de cuisson sur la teneur en vitamine C des brocolis comparativement à l'état cru.

Tableau IV - Incidence des modes de cuisson sur la teneur des brocolis en hexanal comparativement à l'état cru.

Mode de cuisson du saumon (n=3)	Taux de freinte / saumon cru (+/- ES) (%)	Taux d'hexanal (C6H12O) (% relatif)
VAPOSAVEUR® IMFUM NATURE®	7.19 +/- 1,1	3.0 +/- 0.1
POELE	21.4 +/- 2	3.2 +/- 0.2
CUISEUR VAPEUR	6.85 +/- 1	3.1 +/- 0.1

Tableau V – Incidence des modes de cuisson sur la teneur du brocoli en Tocophérols comparativement à l'état cru.

Mode de cuisson du saumon (n=6)	% eau (+/- ES)	Taux de Tocophérols (µg/g)		
		Alpha	Gamma	Totaux
CRU	64.3 +/- 1.0	62.14 +/- 2.52	42.82 +/- 1.42	104.96 +/- 3.19
VAPOSAVEUR® IMFUM NATURE®	63.6 +/- 0.6	65.98 +/- 4.68	37.95 +/- 2.67	103.94 +/- 6.00
POELE	64.9 +/- 0.1	60.19 +/- 2.49	29.91 +/- 1.44	90.10 +/- 3.20
CUISEUR VAPEUR	61.5 +/- 0.1	46.98 +/- 4.1	26.27 +/- 4.36	73.25 +/- 6.87

Tableau VI - Incidence des modes de cuisson sur la teneur du saumon en acides gras poly-insaturés comparativement à l'état cru.

Mode de cuisson du saumon (n=6)	AGS		AGPI					
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:3	C22:3	AGPI Totaux
CRU	12.0315	2.863	38.2955	11.6835	2.225	5.0305	6.502	63.7365
VAPOSAVEUR® IMFUM NATURE®	12.122	2.5985	37.2035	11.0035	2.0215	5.342	6.8495	62.42
POELE	12.1405	2.726	38.3645	11.49	2.184	5.0885	6.6485	63.7755
CUISEUR VAPEUR	12.074	2.7475	38.9325	11.4175	2.3175	5.058	6.6125	64.338

AGS: Acides Gras Saturés / AGPI: Acides Gras Poly-Insaturés