

La décontamination des aliments par lumière pulsée : Effets sur les qualités organoleptiques, nutritionnelles et sanitaires des aliments

Alain Mimouni, CTCPA, 44 rue d'Alésia, 75014 Paris.

Résumé

La lumière pulsée est un procédé physique athermique de décontamination de surface. Ce procédé n'affecte pas les qualités organoleptiques, nutritionnelles et fonctionnelles des produits étudiés. Il semble être une alternative prometteuse pour la décontamination des produits alimentaires.

Abstract

The high intensity pulsed light is an athermic process for surface decontamination. This process does not affect organoleptic, nutritional and functional qualities of the studied products. It seems to be a promising alternative for foodstuff decontamination.

Alain Mimouni est responsable du pôle innovation et transfert technologique au CTCPA (Centre technique de conservation des produits agricoles).

Conférence du 6 avril 2006

La Lettre Scientifique de l'IFN engage la seule responsabilité de son auteur.

1. INTRODUCTION

En 1988, PurePulse technologies inc., filiale de Maxwell inc., a développé une nouvelle méthode de stérilisation applicable dans un certain nombre de secteurs (pharmaceutique, médical et agroalimentaire).

Le système flash lumineux *Pure Bright* est un procédé breveté qui utilise la technologie de la puissance pulsée pour détruire les microorganismes en les soumettant aux flashes intenses de lumière.

Pour accomplir cela, la machine emmagasine de l'énergie électrique dans un condensateur, puis le transfert du condensateur à une lampe à enveloppe en quartz contenant un gaz inerte.

La lampe émet un flash intense de lumière qui est focalisé sur la surface de traitement par le réflecteur de la lampe. Cette dernière émet une lumière avec des longueurs d'ondes comprises entre 200 nm dans l'ultraviolet à 1 µm dans le proche infra-rouge.

Les flash de lumière ont une durée de 230 microsecondes.

Les longueurs d'ondes du spectre sont qualifiées de longueurs d'ondes non ionisantes.

Cette technologie est applicable à des situations et à des produits où la lumière peut avoir accès à toute la surface ou à tout le volume (emballages, produits frais, produits de boulangerie, produits réfrigérés, surgelés, ovoproduits, l'air et l'eau).

2. L'EFFICACITE ANTIMICROBIENNE DE LA LUMIERE PULSEE

2.1. Mode d'action

Effets U.V.

Le procédé *Pure bright* est une source riche en U.V. qui sont responsables de l'effet létal du traitement sur les microorganismes. Le spectre U.V. est continu et riche en longueurs d'onde supérieures à 200 nm (Dunn *et al.*, 1997). Il y a de fortes interactions avec les substances biologiques.

De nombreux travaux ont été réalisés sur les effets biologiques des U.V. Jagger (1967, 1985) a réalisé une excellente analyse bibliographique sur ce sujet.

Interactions moléculaires de la lumière U.V.

Les longueurs d'onde du spectre de lumière pulsée sont qualifiés de longueurs d'ondes non ionisantes car pas assez énergétique pour provoquer des interactions avec l'eau et la formation de radical hydroxyle OH.

Une molécule ne peut absorber que des longueurs d'onde données. L'énergie du photon correspondant active la molécule et peut conduire à des réactions inter ou intramoléculaires.

Pour les longueurs d'ondes présentes dans la lumière pulsée et dans le cas des structures biologiques, l'absorption a principalement lieu au niveau des structures aromatiques.

Les bases aromatiques de l'ADN absorbent dans l'U.V. entre 200 et 305 nm.

Cette absorption a un effet létal sur la descendance cellulaire. Des changements dans l'ADN comme la production de dimères de thymine sont responsables de cet effet létal (Tyrrell, 1973). Outre l'ADN il existe dans les cellules de nombreuses autres structures aromatiques absorbant les U.V. et qui peuvent éventuellement agir en synergie avec les modifications de l'ADN (Tyrrell et Peak, 1978).

D'un point de vue photochimique les réactions des structures aromatiques causées par la lumière pulsée peuvent être classées dans deux grandes catégories (Dunn *et al.*, 1997) :

- Les réactions directes (intra ou intermoléculaires).
- Les réactions de type "cascades oxydatives" au cours desquelles une double liaison activée réagit avec une molécule d'oxygène pour former un peroxyde instable et susceptible de se décomposer en une multitude de produits finaux (acide carboxylique, aldéhydes, cétones).

Effets photothermiques

D'un point de vue photo thermique, les essais réalisés au CTCPA en 2001 ont montré que les flash lumineux agissent sur les parois cellulaires des microorganismes par effet thermique (visible et infra rouge) engendré par des impulsions de courtes durées et à des pics de fortes intensités.

Effets du pic de puissance

Il faut distinguer l'énergie émise pour chaque flash (en joule/centimètre carré par flash) de l'énergie totale émise pour x flash.

Suite à une série de tests de "stérilisation" sur les spores de différentes souches, il ressort que l'énergie par flash est déterminante qu'il s'agisse de spores bactériennes ou fongiques.

Ces effets semblent liés à des événements d'ordre thermique. Ces effets thermiques sont de très courtes durées.

2.2. Effets de la lumière pulsée sur des germes tests

La sensibilité de cinq microorganismes (3 bactéries, 1 levure et 1 moisissure) a été évaluée à la lumière pulsée. Il s'agit de :

- *Bacillus pumilus* ATCC 27142, spore résistante aux radiations ionisantes.
- *Bacillus subtilis* ATCC 9372 souche niger variété globigii, spore résistante aux agents oxydants (H_2O_2 et oxyde d'éthylène) et à la chaleur sèche.
- *Bacillus stearothermophilus* ATCC 12980, spore résistante à la stérilisation vapeur.
- *Aspergillus niger* ATCC 16404 spores connues pour leur résistance aux rayons U.V.
- *Pichia anomala* levure responsable d'altération de produits de panification et de viennoiseries.

Les résultats (Tableau 1) montrent que le système lumière pulsée est capable de détruire sur indicateurs biologiques plus de 6 log de spores par cm^2 .

Microorganismes	Niveau d'inoculation Log cellules / cm ²	mJ/cm ² /nm (fluence mesurée à 254 nm)	Nombre de positif par nombre d'échantillons testés
Spores d' <i>Aspergillus niger</i>	5,76	9,6	0/20
Spores de <i>Bacillus subtilis</i>	6,9	4,8	0/20
Spores de <i>Bacillus pumilus</i>	6,80	4,5	0/20
Spores de <i>Bacillus stearothermophilus</i>	6,36	4,5	0/20
<i>Pichia anomala</i>	5,24	2,1	0/10

Tableau 1 : Résultats du traitement Lumière pulsée sur indicateurs biologiques.

2.3. Effets de la lumière pulsée sur des produits alimentaires à DLC

Les études réalisées au CTCPA depuis quelques années ont permis de démontrer l'efficacité de la technologie lumière pulsée sur la décontamination de surface des produits alimentaires à DLC.

Parmi ces études, on peut citer la décontamination des filets de poissons, de la viande fraîche ou des produits de panification avec des traitements doux (T1), moyen (T2) et fort (T3).

Décontamination des filets de poissons

L'objectif de ces essais est de montrer l'effet de la lumière pulsée sur la décontamination de surface des filets de poissons. Les résultats des analyses microbiologiques (Tableau 2) sur filets montrent une réduction de la flore psychrotrophe supérieure à 4 cycles log avec le traitement T3 et une destruction totale de la flore lactique avec le traitement T2 (Marcel, 1998).

Décontamination de la viande fraîche

Le traitement de la viande fraîche par lumière pulsée (Tableau 2) a une répercussion positive sur la qualité sanitaire de ce produit, avec pour la flore aérobie mésophile totale des réductions logarithmiques de 1,21, 2,25 et 2,6 avec respectivement les traitements T1, T2 et T3.

	Témoin	T1	T2	T3
Filets de poissons				
Flore psychrotrophe Log CFU/gr	4,04	4,0	2,9	< 1
Flore lactique Log CFU/gr	2,6	2	< 1	< 1
Viande fraîche				
Flore aérobie à 30°C Log CFU/gr	4,25	3,04	2	1,65

Tableau 2 : Résultats du traitement lumière pulsée sur filets de poissons et viande fraîche

Décontamination des Buns

Le traitement lumière pulsée a été réalisé sur des buns sans conservateurs (Tableau 3), conditionnés dans des poches plastiques en polyéthylène (PE) et stockés à température ambiante. Il apparaît clairement une différence de conservation entre les buns traités et les témoins.

Pour les buns traités avec le traitement T2, les moisissures apparaissent dans les 10 premiers jours de conservation. Pour les buns traités avec le traitement T3, pas de moisissures pendant les 30 jours de conservation.

		J0	J + 10	J + 15	J + 30
% de buns altérés	Témoin	0	30	50	100
	T2	0	10	20	70
	T3	0	0	0	0

Tableau 3 : Effet de la lumière pulsée sur des buns conditionnés dans du film plastique en PE

3. IMPACT DE LA LUMIERE PULSEE SUR LES QUALITES ORGANOLEPTIQUES ET NUTRITIONNELLES DES PRODUITS DE PANIFICATION ET DE VIENNOISERIE

La partie nutritionnelle et organoleptique doit démontrer que le traitement lumière pulsée n'entraîne pas de changement significatif dans la composition ou la structure de l'aliment traité.

En fonction de la matrice alimentaire, on sélectionne les marqueurs pertinents représentatifs du degré d'altération des facteurs nutritionnels ou de genèse des composés néoformés indésirables.

3.1. Jugement de l'aspect d'un produit de panification (couleur, goût, texture)

Le produit de panification traité à la lumière pulsée (T1-Jo, T2-Jo and T3-Jo) est comparé au témoin non traité.

Les critères sensoriels examinés sont : aspect général, couleur, odeur, goût général, texture, et évaluation globale.

Critères sensoriels	T1-Jo	T2-Jo	T3-Jo
Aspect général	Pas de différence significative	Pas de différence significative	Pas de différence significative Aspect brillant
Couleur	Belle couleur du produit	Belle couleur du produit	Belle couleur du produit
Odeur	Odeur satisfaisante et parfumée	Odeur satisfaisante et parfumée	Odeur satisfaisante et plus parfumée
Goût général	Pas de différence significative Goût équilibré	Pas de différence significative Goût équilibré	Pas de différence significative Goût équilibré
Texture	Pas de différence significative Texture moelleuse	Pas de différence significative Texture moelleuse	Pas de différence significative Un peu grasse en surface
Evaluation globale	Pas de différence significative Produit satisfaisant	Pas de différence significative Produit satisfaisant	Pas de différence significative Produit satisfaisant

Tableau 4 : Effet de la lumière pulsée sur l'aspect d'un produit de panification

On n'observe aucune différence significative entre les produits traités et le témoin. Mais à J+45, le produit est un peu sec. Les résultats de l'Aw et de l'humidité des produits confirment les résultats d'analyse sensorielle sur la texture des produits. On peut observer un effet important de l'Aw et de la formulation sur les caractéristiques organoleptiques des produits à savoir la texture et plus particulièrement dans le cas des produits moelleux.

3.2. Effet de la lumière pulsée sur la couleur des madeleines

Les mesures ont été effectuées avec un chromomètre Minolta, avec une tête de mesure CR 300.

Les mesures ont été effectuées sur la partie centrale du dessus du produit.

Les mesures moyennes donnent la couleur du témoin et des échantillons traités.

On enregistre que le traitement par lumière pulsée ne modifie pas la couleur des madeleines par rapport au témoin, comme on peut le constater sur le [tableau 5](#).

	Témoin	T1-Jo	T2-Jo	T3-Jo
L	67,59	68,24	67,18	68,43
a	+0,52	-0,08	+0,51	+0,01
b	+43,41	+43,99	+44,35	+43,95
a/b	+0,012	-0,002	+0,011	+0,0002

Tableau 5 : Effets de la lumière pulsée sur les paramètres de couleur (L, a et b) de la madeleine

3.3. Effet de la lumière pulsée sur les vitamines hydrosolubles des buns

Méthodes utilisées :

Vitamine B1 (thiamine monochlorhydrate) JORF12/01/99 (modifié)

Vitamine B2 (riboflavine) JORF 12/01/99

Vitamine B6 ISHA,HPLC

Vitamine B5 (acide pantothénique) AOAC 945-74

Les résultats des vitamines B avant et après traitement sont donnés en mg/100 grammes de produit.

Le traitement de surface des buns par lumière pulsée ne diminue pas la teneur en vitamines B5 et B6. Le degré de destruction des vitamines B1 et B2 correspond à celui des traitements conventionnels ([Tableau 6](#)).

	B1	B5	B6	B2
Produit témoin	0,11	0,37	0,057	0,072
T1-Jo	0,073	0,39	0,135	0,09
T2-Jo	0,071	0,44	0,083	0,059
T3-Jo	0,069	0,38	0,075	0,052

Tableau 6 : Effet de la lumière pulsée sur les vitamines hydrosolubles des buns

4. IMPACT DE LA LUMIERE PULSEE SUR LES MATRICES MODELES ET ALIMENTAIRE (VIANDE FRAICHE)

4.1. Matrice artificielle modélisant les interactions glucides/protéines

Le but est de comparer la formation de produit de Maillard entre le thermique au four et le traitement par lumière pulsée de la solution glucide/protéine. Aussi, il est nécessaire d'avoir un référentiel commun qui est la puissance emmagasinée par le système exprimée en Joule (mesure de la température de l'eau) et la densité optique (traitement thermique et lumière pulsée). Cette méthode permet d'évaluer l'équivalent du niveau de traitement par lumière pulsée en termes de traitement thermique au four.

	D.O.	Température sortie échantillon (°C)
Témoin	0,48	23
T1	0,48	23
T2	0,49	23
T3	0,525	23

Tableau 7 : Traitement de la matrice par lumière pulsée

Temps en mn au four	D.O.	Température sortie échantillon (°C)
0	0,48	22,7
3	0,48	43,6
12	0,485	82
30	0,502	>100
40	1,718	>100
60	2,822	>100

Tableau 8 : Traitement de la matrice au four

4.2. Effet de la lumière pulsée sur les lipides

La mesure du malondialdéhyde (MDA) formé est un des moyens de contrôle de l'oxydation des graisses. On n'observe pas de différence significative sur les matrices analysées et les teneurs moyennes en MDA sont très faibles.

Au niveau de la viande, les valeurs d'indice de peroxyde (IP) sont inférieures à 0,1 et la teneur en oxycholestérol est inférieure à 0,1 µg/g de produit.

Viande fraîche	mg Eqv MDA/g de lipide
Témoin	0,009±0,001
T1	0,006±0,000
T2	0,005±0,001
T3	0,006±0,000

Tableau 9 : Dosage du malondialdéhyde dans la viande fraîche

Huile de colza	mgEqv MDA/g de lipide
Témoin	0,026±0,001
T1	0,027±0,001
T2	0,026±0,001
T3	0,026±0,001

Tableau 10 : Dosage du malondialdéhyde dans l'huile de colza

Jaune d'oeuf	mgEqy MDA/g de lipide
Témoin	0,038±0,003
T1	0,039±0,005
T2	0,070±0,005
T3	0,065±0,004

Tableau 11 : Dosage du malondialdéhyde dans le jaune d'oeuf

Sur l'œuf, les échantillons T2 et T3 avaient un aspect différent (jaune d'œuf plus solide), ceci pourrait justifier les teneurs en MDA plus élevées.

On peut raisonnablement avancer que les teneurs très faibles en MDA observées dans tous les échantillons analysés, ne témoignent pas d'un état oxydé.

4.3. Effet de la lumière pulsée sur les vitamines

Les [tableaux 12, 13 et 14](#) présentent les résultats obtenus pour le dosage des vitamines E et B5 sur différentes matrices alimentaires traitées par lumière pulsée.

Vitamine E sur viande fraîche	mg/100 g
Témoin	1,86±0,001
T1	1,75±0,001
T2	1,71±0,001
T3	1,55±0,001

Tableau 12 : Dosage de la vitamine E sur viande fraîche traitée et témoin non traité par lumière pulsée

Vitamine E sur jaune d'oeuf	mg/100 g
Témoin	5,5±0,1
T1	5,4±0,1
T2	5,96±0,1
T3	4,76±0,0

Tableau 13 : Dosage de la vitamine E sur jaune d'oeuf traité et témoin non traité par lumière pulsée

La lumière pulsée n'a pas d'effet sur la vitamine liposoluble E de la viande et du jaune d'œuf.

Vitamine B5 sur jaune d'oeuf	mg/100 g
Témoin	3,68±0,1
T1	3,68±0,1
T2	3,53±0,1
T3	3,63±0,0

Tableau 14 : Dosage de la vitamine B5 sur le jaune d'oeuf traité et témoin non traité par lumière pulsée

D'après les résultats présentés dans le [tableau 14](#) le traitement du jaune d'œuf par lumière pulsée préserve la vitamine B5.

5. CONCLUSION

Un grand nombre d'études privées a été réalisé au CTCPA afin de connaître d'une part l'efficacité antimicrobienne de la technologie lumière pulsée et d'autre part les conséquences d'une décontamination de surface du procédé sur les qualités organoleptiques et nutritionnelles des aliments.

A partir des résultats obtenus depuis 1993, nous avons pu montrer que :

- Un traitement *Pure Bright* de décontamination de surface de produits alimentaires, permet une réduction de la contamination microbiologique, sans incidence sur leur qualité technologique à condition de ne pas dépasser 10 flash (10J/cm²).
- Le traitement permet de sécuriser les DLC des produits traités, avec une possibilité de les rallonger.
- Le traitement lumière pulsée est sans conséquence sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires.
- L'effet du traitement lumière pulsée sur les constituants sensibles à l'oxydation n'est pas significatif, l'utilisation de la lumière pulsée pour le traitement de surface des aliments est donc sans conséquence toxicologique.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dunn J, Burgess D, Leo F, 1997. Investigation of pulsed light for terminal sterilization of WFI filled blow/fill/seal polyethylene containers, Parenteral Drug Assoc. J. of Pharm. Sci.& Tech., 51 (3), p 111-115.

Dunn JE, Clark, RW, Asmus JF, Pearlman JS, Boyer K, Painchaud F, Hofmann GA, 1990. Methods for Aseptic Packaging of Medical Devices, U.S. Patent 4, p 910-942.

Jagger J, 1967. Introduction to Research in Ultra violet Photobiology, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Marcel J, 1998. Amélioration de la qualité de conservation des filets de carpes. Rapport final dossier 97/11 : Conservation des filets de carpes. ITAVI, 12 pp.

Mimouni A, 2001. Décontamination des emballages et des aliments par lumière pulsée. Le vide.N° 299,1/4, p 66-72.

Thekaekara MP, editor. The Solar Constant and the Solar Spectrum Measured from a Research Aircraft, NASA Technical Report R-351, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.

Tyrrell RM, 1973. Induction of pyrimidine dimers in bacterial DNA by 365 nm radiation, Photochem. Photobiol., 17, 69-73.

Tyrrell RM, Peak MJ, 1978. Interaction between UV radiation of different energies in the inactivation of bacteria, J. Bacteriol, 136, p 437-440.

Institut Français pour la Nutrition
71 Avenue Victor Hugo
75116 PARIS
Tél : 01 45 00 92 50
Institut.nutrition@ifn.asso.fr
Président : Jean-Paul Laplace
Secrétaire Générale : Florence Strigler

